



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE**  
**ALIMENTOS**

**LUCIANO BERTOLLO RUSCIOLELLI**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO NO MONITORAMENTO**  
**DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CARCAÇAS DE FRANGO DURANTE A ETAPA**  
**DE PRÉ-RESFRIAMENTO**

**ALEGRE – ES**

**2014**

LUCIANO BERTOLLO RUSCIOLELLI

**CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO NO MONITORAMENTO  
DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CARCAÇAS DE FRANGO DURANTE A ETAPA  
DE PRÉ-RESFRIAMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

ALEGRE - ES

2014

R951c      Rusciolelli, Luciano Bertollo, 1988-  
Controle estatístico de processo aplicado no monitoramento da absorção de água por carcaças de frango durante a etapa de pré-resfriamento / Luciano Bertollo Rusciolelli. – 2014.  
72 f. : il.

Orientador: Consuelo Domenici Roberto.

Coorientador: José Ivo Ribeiro Júnior; Joel Camilo de Souza Carneiro.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Indústria avícola. 2. Pré-resfriamento de carcaças de frango. 3. Absorção de água. 4. Controle estatístico de processo. I. Roberto, Consuelo Domenici. II. Ribeiro Júnior, José Ivo. III. Carneiro, Joel Camilo de Souza. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. V. Título.

CDU: 664

---

**LUCIANO BERTOLLO RUSCIOLELLI**

**“CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO NO  
MONITORAMENTO DA ABSORÇÃO DE ÁGUA POR CARCAÇAS DE  
FRANGO DURANTE A ETAPA DE PRÉ-RESFRIAMENTO”**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2014.

**COMISSÃO EXAMINADORA:**



---

Prof<sup>a</sup>. DSc. Consuelo Domenici Roberto  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES  
Orientadora



---

Prof. DSc. José Ivo Ribeiro Júnior  
Universidade Federal de Viçosa - UFV  
Coorientador



---

Prof. DSc. Joel Camilo Souza Carneiro  
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES  
Coorientador



---

Prof<sup>a</sup>. DSc. Maristela de Oliveira Bauer  
Universidade Federal do Espírito Santo – UFES  
Examinadora (Membro Externo)

***Dedico este trabalho à minha família,  
pois me deram asas e raízes.***

## **AGRADECIMENTOS**

*À minha família, pelo apoio, amor e confiança. Por tudo que representa para mim.*

*À Professora Orientadora Consuelo Domenici Roberto, pela orientação e ensinamentos.*

*Aos Professores Coorientadores Joel Camilo de Souza Carneiro e José Ivo Ribeiro Júnior pelas opiniões e conselhos.*

*A todos os professores do Departamento de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Espírito Santo, pelo conhecimento transmitido e pelo bom ambiente de trabalho que eles geraram.*

*À Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de realização do Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos.*

*Aos funcionários, gerentes e diretores do abatedouro-frigorífico, por ter viabilizado o desenvolvimento deste trabalho por meio do fornecimento dos dados experimentais.*

*À minha namorada Ana Carolina, pelo carinho, paciência e companheirismo. A força da nossa cumplicidade mais uma vez fez a diferença.*

*A todos os colegas do Mestrado, pelos bons momentos de convivência e pela amizade que certamente ficará para o resto da vida.*

*E por fim, porém não menos importante, agradeço a Deus pela vida, pela família, pelos amigos e por mais essa conquista.*

*Muito Obrigado!*

*Luciano*

## RESUMO

RUSCIOLELLI, Luciano Bertollo. **Controle estatístico de processo aplicado no monitoramento da absorção de água por carcaças de frango durante a etapa de pré-resfriamento**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES. Orientadora: Prof<sup>a</sup>. DSc. Consuelo Domenici Roberto. Coorientadores: Prof. DSc. Joel Camilo de Souza Carneiro, Prof. DSc. José Ivo Ribeiro Júnior.

A absorção de água por carcaças de frango na etapa de pré-resfriamento da linha abate representa uma característica de qualidade importante relacionada ao rendimento do produto final. Uma forma de manter o padrão de qualidade de um produto é garantir que as etapas do processo sejam estáveis e replicáveis. Ao empregar o Controle Estatístico de Processo (CEP) é possível obter estabilidade e melhorias nos processos, por meio da redução da variabilidade. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi a aplicação de gráficos de controle, análise de correlação, estatística descritiva, testes de hipóteses e regressão linear múltipla na linha de abate de um abatedouro-frigorífico de aves para monitorar a variabilidade da absorção de água pelas carcaças de frango após a etapa de pré-resfriamento. Como resultado, verificou-se que o teor de absorção de água das carcaças de frango apresentou elevada variabilidade, sendo que 10% (8/80) das carcaças apresentaram absorção de água superior ao limite de 8% definido pela legislação brasileira. Do total de 16 variáveis de entrada analisadas, as mais impactantes no teor de absorção de água foram o “tempo de retenção da carcaça no pré-chiller” e o “tempo de espera da carcaça após a etapa de gotejamento”. Entretanto, o modelo de regressão obtido apresentou baixa correlação ( $R^2=0,16$ ) que foi associada à elevada variabilidade da variável-resposta. Os resultados da estatística descritiva demonstraram que as variáveis de entrada também apresentaram elevada variabilidade, com coeficiente de variação entre 7,95 e 63,5%. Verificou-se, pela análise dos gráficos de controle de medida individual e da amplitude móvel, que 15 das 16 variáveis de entrada se apresentaram fora de controle estatístico assim como a variável-resposta. Baseado no fluxograma e na descrição das etapas da linha de abate, previamente realizados, atribuiu-se à falta de padronização na condução das etapas e de procedimentos para o controle de qualidade das operações na linha de

abate como fatores relevantes que poderiam estar associados à presença de causas especiais no processo. Concluiu-se que para reduzir a elevada variabilidade das variáveis e eliminar as causas especiais presentes são necessários ajustes operacionais para, dessa forma, obter um processo mais estável e mais uniforme garantindo o padrão de qualidade das carcaças de frango em relação ao teor de absorção de água.

**Palavras-chave:** Pré-resfriamento de carcaças de frango, absorção de água, controle estatístico de processo.



## ABSTRACT

RUSCIOLELLI, Luciano Bertollo. **Statistical process control applied to the monitoring of water absorption by chicken carcasses during the stage of pre-cooling**. 2014. Dissertation (Master's degree in Food Sciences and Technology) – Federal University of Espírito Santo, Alegre, ES. Advisor: Prof<sup>a</sup>. DSc. Consuelo Domenici Roberto. Co-advisor: Prof. DSc. Joel Camilo de Souza Carneiro, Prof. DSc. José Ivo Ribeiro Júnior.

The water absorption by the chicken carcasses of pre-cooling step is an important quality characteristic related to the yield of the final product. One way to maintain the standard of quality of a product is to ensure that the process steps are stable and replicable. By employing the Statistical Process Control (SPC) is possible to obtain stability and improvements in processes, by reducing the variability. In this context, the aim of this work was the application of control charts, correlation analysis, descriptive statistics, hypothesis tests and multiple linear regression on the slaughter line of a poultry abattoir fridge to monitor the variability of absorption of water by the chicken carcasses after pre-cooling step. As a result, it was found that the amount of water absorption of the chicken carcasses showed high variability, with 10% (8/80) of carcasses showed water absorption higher than the 8% threshold set by Brazilian legislation. Of the total of 16 input variables analyzed, the most impactful content in water absorption were the "retention time of casting the pre-chiller" and "timeout carcass after step drip". However, the regression model obtained showed low correlation ( $R^2=0.16$ ) that was associated with the high variability of the response variable. The results of descriptive statistics demonstrated that the input variables also showed high variability, with coefficients of variation between 7.95 and 63.5%. It was found by analysis of control charts for individual measurement and moving range, that 15 of the 16 input variables were outside of statistical control as well as the response variable. Based on the flow chart and description of the steps of the slaughter line, previously performed, was attributed to the lack of standardization in the management of the steps and procedures for quality control operations in the slaughter line as relevant factors that could be associated with the presence special causes in the process. It is concluded that to reduce the high variability of the variables and eliminate the special causes present operational

adjustments are necessary to, this way, obtain a more stable and more uniform process, ensuring the standard of quality of chicken carcasses when related to the water absorption content.

**Keywords:** Pre-cooling of chicken carcasses, water absorption, statistical process control.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Produção brasileira de carne de frango (milhões de toneladas). ....	<b>15</b>
<b>Figura 2:</b> Exportação brasileira de carne de frango (mil toneladas). ....	<b>16</b>
<b>Figura 3:</b> Fluxograma do abate de aves. ....	<b>17</b>
<b>Figura 4:</b> Fluxograma da linha de abate do abatedouro-frigorífico ....	<b>40</b>
<b>Figura 5:</b> Histograma do teor de absorção de água das carcaças de frango. ....	<b>41</b>
<b>Figura 6:</b> Massa inicial da carcaça: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c). ....	<b>45</b>
<b>Figura 7:</b> Temperatura (T1pc) da água na entrada do pré- <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).....	<b>46</b>
<b>Figura 8:</b> Temperatura (T2pc) da água na saída do pré- <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).....	<b>47</b>
<b>Figura 9:</b> Tempo de retenção da carcaça no pré- <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).....	<b>48</b>
<b>Figura 10:</b> Vazão da água de reposição no pré- <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).....	<b>49</b>
<b>Figura 11:</b> Intensidade do borbulhamento no pré- <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).....	<b>50</b>
<b>Figura 12:</b> Temperatura (T1c) da água na entrada do <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).....	<b>51</b>
<b>Figura 13:</b> Temperatura (T2c) da água interior do <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).....	<b>52</b>

<b>Figura 14:</b> Temperatura (T3c) da água no interior do <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).....	<b>53</b>
<b>Figura 15:</b> Temperatura (T4c) da água na saída do <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).....	<b>54</b>
<b>Figura 16:</b> Tempo de retenção da carcaça no <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).....	<b>55</b>
<b>Figura 17:</b> Vazão da água de reposição no <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c). .	<b>56</b>
<b>Figura 18:</b> Intensidade do borbulhamento no <i>chiller</i> : gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c). .	<b>57</b>
<b>Figura 19:</b> Tempo de gotejamento da carcaça: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c). .	<b>58</b>
<b>Figura 20:</b> Tempo de espera da carcaça após o gotejamento: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da média individual (b) e; histograma (c).....	<b>59</b>
<b>Figura 21:</b> Quantidade de gelo adicionado no <i>chiller</i> durante o pré-resfriamento: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c). ....	<b>60</b>
<b>Figura 22:</b> Gráfico de controle da amplitude móvel do teor de absorção de água das carcaças de frango. ....	<b>62</b>
<b>Figura 23:</b> Gráfico de controle da medida individual do teor de absorção de água das carcaças de frango. ....	<b>63</b>

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. OBJETIVOS .....	14
2.1. Objetivo geral.....	14
2.2. Objetivos específicos .....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
3.1. Mercado e consumo de carne de frango .....	15
3.2. Etapas da linha de abate de frangos .....	17
3.3. Pré-resfriamento de frango .....	20
3.4. Qualidade na indústria de alimentos.....	23
3.5. Controle Estatístico de Processo .....	26
4. METODOLOGIA.....	32
4.1. Identificação das variáveis críticas .....	32
4.2. Coleta de dados.....	33
4.3. Análise estatística e aplicação do CEP.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
5.1. Comportamento da variável-resposta .....	40
5.2. Influência das variáveis de entrada sobre a variável-resposta .....	42
5.3. Controle Estatístico de Processo .....	44
6. CONCLUSÕES .....	67
7. REFERÊNCIAS.....	68

## 1. INTRODUÇÃO

O setor agroindustrial avícola brasileiro é um dos mais organizados em relação à produção de carne de frango, o que contribui para que o Brasil seja o maior exportador e terceiro maior produtor mundial de carne de frango (CALGARO e BOIAGO, 2011; UBABEF, 2013).

Em geral, no processamento industrial de abate dos frangos são realizadas as seguintes etapas: recepção, pesagem, insensibilização, abate, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração, lavagem, pré-resfriamento, gotejamento e congelamento. O pré-resfriamento é uma etapa crítica para a conservação das carcaças, sendo realizada a redução da sua temperatura inicial de, aproximadamente, 38 °C para 4 °C. Assim, é garantida a obtenção de um produto seguro do ponto de vista microbiológico e a manutenção da qualidade do produto final. No Brasil, o método de pré-resfriamento mais empregado é a imersão em água em resfriadores contínuos tipo rosca sem fim, denominado *chillers* (CARCIOFI e LAURINDO, 2007).

Durante o pré-resfriamento por imersão, a água penetra através da pele das aves, ocorrendo absorção de água pela carcaça e, conseqüentemente, reposição do percentual de umidade perdido durante as etapas anteriores do abate (MASTROGIACOMO, 2006). Entretanto, o teor de água absorvida pela carcaça de frango é regulamentado pela Portaria N° 210, de 10 de novembro de 1998 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) até o limite máximo de 8% em relação à massa inicial da carcaça (BRASIL, 1998). Dessa forma, a absorção de água das carcaças de frango se torna uma característica de qualidade que deve ser monitorada e controlada no processo, pelo fato de influenciar nas características de qualidade da carne, no valor econômico e ser uma variável avaliada pelos órgãos fiscalizadores.

Uma forma de manter a qualidade nas operações de um frigorífico é garantir que as etapas do processo sejam estáveis e replicáveis. Neste caso, o processo deve ser capaz de operar com pequena variabilidade em torno de um valor-alvo, previamente estabelecido, que descreve as características de qualidade exigida para o produto sem ultrapassar os valores de especificação.

O emprego de procedimentos estatísticos e de técnicas de controle estatístico de processo (CEP) pode contribuir com melhorias no processo e no atendimento das exigências em relação à qualidade dos produtos. Assim, alcançar as especificações de qualidade por meio do uso de tais técnicas e procedimentos pode ser um diferencial para a obtenção da melhoria e do controle das etapas de abate de aves. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi verificar o comportamento do teor de absorção de água e das variáveis críticas do processo, monitoradas em tempo real durante a etapa de pré-resfriamento, por meio da aplicação do CEP.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Aplicação de procedimentos estatísticos e de ferramentas do controle estatístico de processo (CEP) na linha de abate de um frigorífico de aves localizado no Sul do Estado do Espírito Santo para monitorar o teor de absorção de água pelas carcaças de frango. Assim como, avaliar o comportamento das variáveis do processo que podem influenciar na variabilidade dessa característica de qualidade entre as unidades dos lotes de produção.

### **2.2. Objetivos específicos**

Os objetivos específicos desta pesquisa foram:

- Verificar a variabilidade do teor de absorção de água entre carcaças em uma linha de abate de frangos;
- Identificar os pontos de controle e as variáveis de entrada que influenciam a absorção de água das carcaças durante as operações na linha de abate de frango;
- Determinar a relação linear entre as variáveis de entrada do processo com o teor de absorção de água das carcaças;
- Determinar as variáveis de entrada que exercem maior influência no teor de absorção de água para o processo estudado;
- Aplicar o CEP para avaliar o comportamento das variáveis de entrada e da variável resposta do processo.

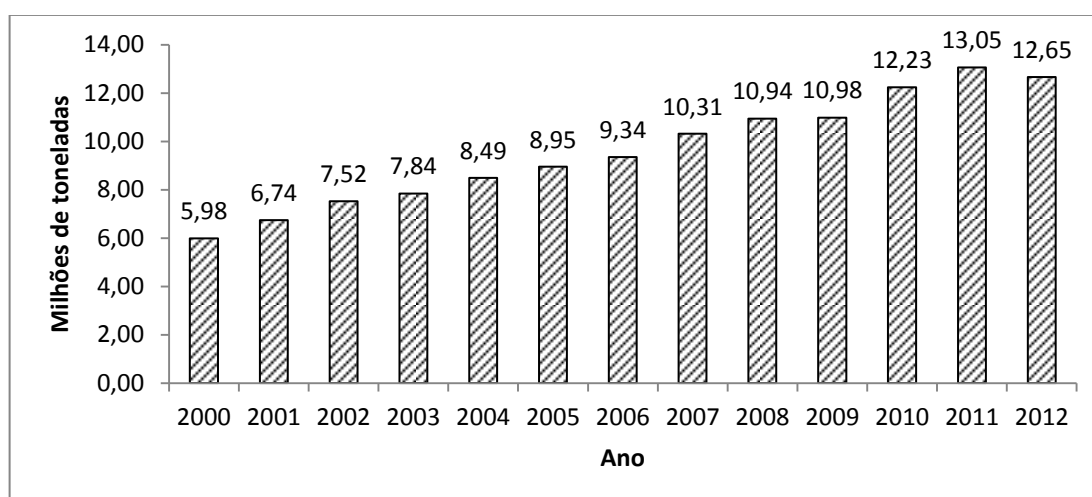


### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Mercado e consumo de carne de frango

A produção de frango no Brasil tem se destacado pelo progresso e pela competência do setor conquistada na última década. Assim, vem promovendo movimentações econômicas no mercado de carne de frango em vários países, sendo destaque nas negociações comerciais do mundo (SANT'ANNA, 2008; BUENO et al., 2007a).

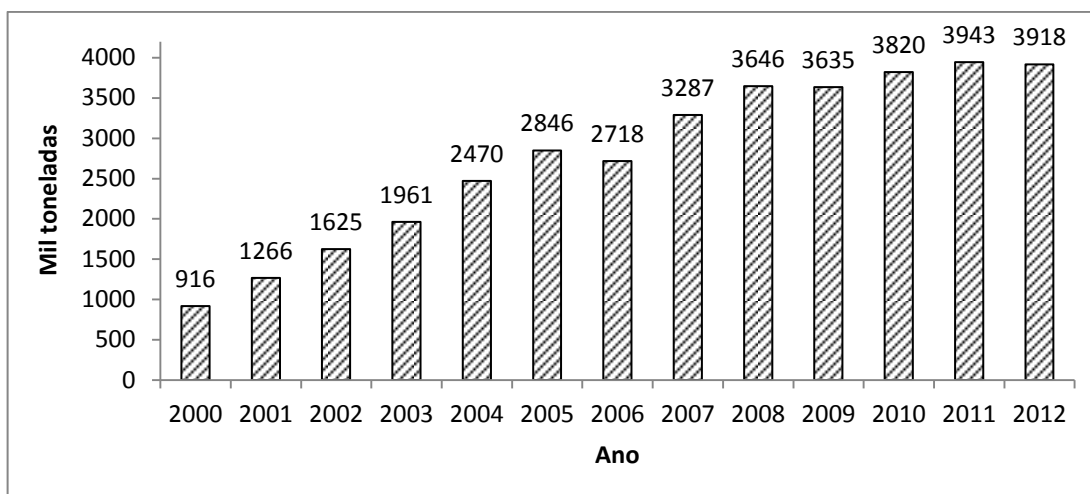
Em 2012, de acordo com dados apresentados no relatório anual da União Brasileira de Avicultura e a Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos - UBABEF (2013), a produção atingiu o valor de 12,65 milhões de toneladas de carne de frango (Figura 1).



Fonte: UBABEF, 2013.

Figura 1: Produção brasileira de carne de frango (milhões de toneladas).

O alto potencial e o elevado índice de competitividade no mercado internacional apresentado pelo setor avícola, fez com que o Brasil adquirisse atenção dos investidores (SANT'ANNA, 2008). Do volume total de frangos produzidos pelo país, 31% foi destinado para as exportações (UBABEF, 2013). O volume de exportação brasileira de carne de frango nos últimos anos é apresentado na Figura 2.



Fonte: UBABEF, 2013.

Figura 2: Exportação brasileira de carne de frango (mil toneladas).

De acordo com a UBABEF, os principais compradores que impulsionaram as exportações brasileiras em 2012 foram os países da África, da União Europeia, das Américas e, principalmente, do Oriente Médio (UBABEF, 2013). Esse desempenho nas exportações pelos mais variados e exigentes importadores representa avanços na qualidade e sanidade da carne de frango brasileira (BUENO et al., 2007a). Os dados da produção e exportação de frango no Brasil mantém o país na posição de maior exportador e de terceiro maior produtor mundial de carne de frango (CALGARO e BOIAGO, 2011).

De acordo com Afonso (2013), as projeções da produção de carnes para o Brasil mostram que o setor deve apresentar intenso crescimento nos próximos anos. Entre as carnes de diferentes espécies, a carne de frango é aquela que projeta maior taxa de crescimento da produção no período 2013 a 2023, e deve crescer 3,9% a.a. Para efeito de comparação, durante o mesmo período a carne bovina deve apresentar um crescimento projetado de 2,0% a.a, enquanto a carne suína 1,9% a.a. Segundo o mesmo autor, essas taxas correspondem a acréscimos na produção entre 2013 e 2023 de 46,4% de carne de frango, 22,5% de carne bovina e de 20,6% de carne suína.

De acordo com Rui, Angrimani e Silva (2011), os números alcançados pelo setor avícola se devem ao desenvolvimento da genética e da nutrição das aves, ambientes de produção adequados e melhorias no manejo nas etapas de pré-abate e de abate, compreendendo desde a preparação do aviário até as etapas de abate

nos abatedouros-frigoríficos. Assim, justificam-se os altos níveis de desempenho em relação ao ganho de peso, conversão alimentar, baixos índices de mortalidade e a qualidade da carne de frango.

Em decorrência da relevância do setor em relação à produção, exportação e consumo da carne de frango e a exigência pela qualidade, vários estudos e pesquisas sobre novas tecnologias envolvendo este setor tendem a surgir para manter e promover o desenvolvimento da produção, da qualidade e dos lucros relacionados à produção e comercialização da carne de frango.

### 3.2. Etapas da linha de abate de frangos

O ramo industrial da cadeia avícola é representado pelos abatedouros-frigoríficos (DORR e MARQUES, 2004). De acordo com o Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA, consiste no estabelecimento dotado de instalações completas e equipamentos adequados para o abate, manipulação, elaboração, preparo e conservação das espécies de açougue sob variadas formas, com aproveitamento completo, racional e perfeito, de subprodutos não comestíveis, que possua instalações de frio industrial (BRASIL, 1952). O fluxograma geral da linha de abate de frango é apresentado na Figura 3.

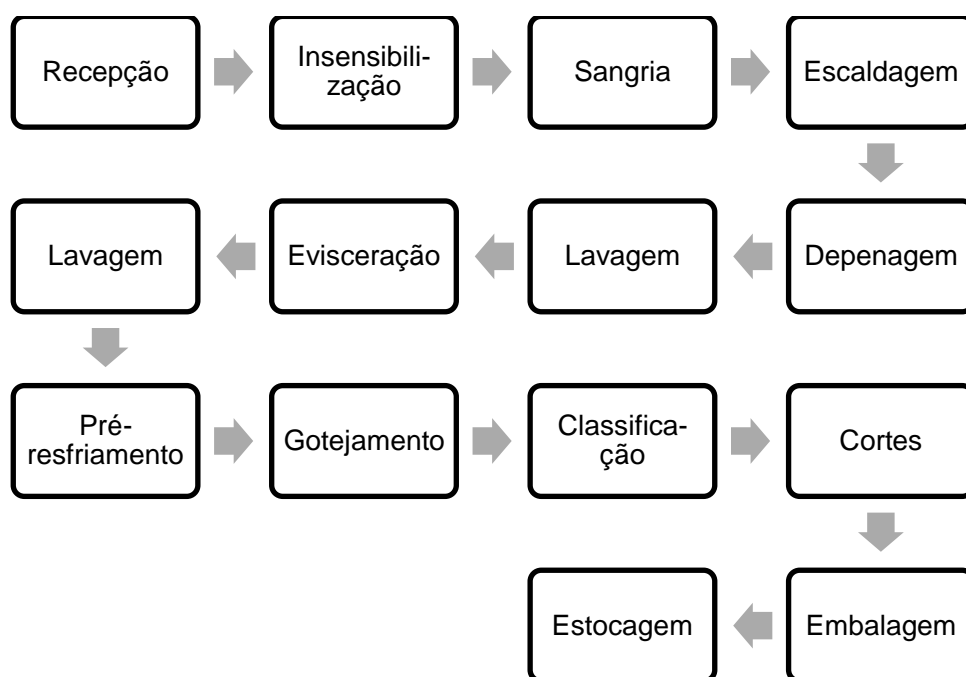


Figura 3: Fluxograma do abate de aves.

As etapas do processo de abate estão descritas a seguir de acordo com a Portaria N° 210, de 10 de novembro de 1998 do MAPA (BRASIL, 1998) e Gomide, Ramos e Fontes (2006).

Em geral, o processo inicia no recebimento de aves vivas, provenientes das granjas, transportadas em gaiolas plásticas até os abatedouros-frigoríficos. Depois de penduradas, as aves são insensibilizadas, por razões humanitárias, de qualidade e de segurança, sendo uma exigência da legislação brasileira. A ausência desta etapa só é permitida para atendimento de preceitos religiosos exigidos por um mercado específico.

A insensibilização, geralmente, ocorre pelo método de eletronarcose, no qual as carcaças das aves são imersas em um tanque com água onde é aplicada uma corrente elétrica.

Após a insensibilização, segue-se a morte da ave na operação de sangria. O processo provoca a imediata efusão de sangue. As aves são sangradas por meio do corte das artérias carótidas e veias jugulares, logo abaixo do bico. O sangramento deve ser completo para evitar que as aves recuperem a consciência ao entrarem, posteriormente, no tanque de escaldagem, o que pode resultar na redução da eficiência das etapas subsequentes. O local onde ocorre a sangria é uma área própria e exclusiva, denominada “área de sangria”, completamente impermeabilizada em suas paredes, piso e teto, por exigência de normas brasileiras.

A escaldagem, realizada após a sangria, consiste no aquecimento úmido da carcaça visando o aumento da densidade das penas e da área de fricção. Também provoca a abertura dos folículos da pele onde estão afixadas as penas, facilitando assim a etapa seguinte de depenagem. O processo de escaldagem pode ser por imersão ou a vapor, sendo o primeiro o método mais comumente empregado nas unidades de abate no Brasil.

A depenagem é realizada imediatamente após a escaldagem e consiste na retirada das penas, sem lesionar o tecido cutâneo. As depenadeiras são túneis de aço inoxidável, com tambores rotativos em toda a sua extensão, providos de hastes de borracha flexíveis, que removem as penas por fricção. São ajustadas de acordo com o tamanho das aves para evitar quebra das asas e rompimento da pele. As penas removidas são coletadas em canaletas e enviadas por tubulações até a seção de subprodutos para fabricação de farinha de penas.

Após esta etapa, ocorre um transpasse das aves para a seção de evisceração. Este transpasse consiste na última etapa realizada na chamada “zona suja” do abate. Antes da evisceração, as carcaças são lavadas. Em seguida, entram na “área limpa” do abate, onde será procedida a evisceração.

A etapa de evisceração é um dos principais pontos críticos da cadeia produtiva do frango, pois durante a mesma poderá ocorrer o rompimento das vísceras e da vesícula biliar com exposição de material fecal e da bÍlis. Este fato pode acarretar em condenação parcial ou total da carcaça, devido à possibilidade de contaminação microbiológica.

A evisceração compreende: corte da pele do pescoço e liberação da traqueia; extração da cloaca; abertura do abdômen; exposição das vísceras (eventração); inspeção sanitária; remoção dos miúdos e vísceras (primeiro separa-se o coração, o fígado e a moela); extração dos pulmões; *toilette* (retirada do papo, esôfago e traqueia); lavagem final (interna e externa).

As vísceras não comestíveis são lançadas diretamente na calha de evisceração e são conduzidas aos depósitos coletores ou diretamente para a seção de subprodutos (graxaria) por meio de lâmina d’água de fluxo contínuo. As vísceras comestíveis (coração, fígado e moela) são processadas em seção exclusiva, sendo pré-resfriadas imediatamente após serem removidas. O pré-resfriamento dos miúdos é realizado por imersão em resfriadores contínuos, tipo rosca sem fim, com temperatura máxima da água de 4 °C e renovação constante de água, no sentido contrário ao movimento destes.

Ainda na seção de evisceração, as carcaças são novamente lavadas interna e externamente por jatos de água. Assim, é possível remover sangue coagulado, membranas e resíduos de vísceras remanescentes, e em seguida seguem para a etapa de pré-resfriamento.

O pré-resfriamento é uma etapa crítica para a conservação das carcaças, sendo realizada a redução da temperatura inicial de aproximadamente 38 °C para 4 °C. Assim, garante-se a obtenção de um produto seguro do ponto de vista microbiológico e a manutenção da qualidade das carcaças de frango.

Durante o pré-resfriamento por imersão, a água penetra através da pele das aves, ocorrendo absorção de água pela carcaça e, conseqüentemente, reposição do percentual de umidade perdido durante as etapas anteriores do abate. O teor de

água absorvida pela carcaça de frango é regularizado pela Portaria N° 210, de 10 de Novembro de 1998, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) até o limite máximo de 8% em relação à massa inicial da carcaça.

Após a operação de pré-resfriamento, as carcaças seguem para o gotejamento, que consiste na etapa para eliminação do excesso de água absorvido pela carcaça na etapa de pré-resfriamento de forma a atender ao limite estabelecido pela legislação.

Ao final do gotejamento, as carcaças de frango são classificadas, submetidas aos cortes, embaladas, congeladas e armazenadas em câmaras frigoríficas até o momento da expedição.

### **3.3. Pré-resfriamento de frango**

De acordo com a Portaria N° 210, de 10 de novembro de 1998 do MAPA, pré-resfriamento é o processo de abaixamento da temperatura das carcaças de aves imediatamente após as etapas de evisceração e lavagem. Devido a importantes questões relacionadas com a qualidade da carne e a maximização da segurança dos alimentos, a etapa de pré-resfriamento é obrigatória e determinada por legislação (BRASIL, 1998).

O pré-resfriamento das carcaças durante o processo de abate se faz importante porque abrange aspectos técnicos e de segurança. Nesta etapa, inicialmente, as carcaças de frango se encontram numa temperatura próxima de 38 °C e devem ser rapidamente resfriadas a fim de reduzir as alterações microbiológicas e químicas, responsáveis pela deterioração da carne (OWENS et al., 2010).

A temperatura *post mortem* é um fator crítico para a obtenção da qualidade da carne e de segurança microbiológica, sendo absolutamente necessário iniciar a redução da temperatura da carcaça tão logo possível após a morte da ave (MASTROGIACOMO, 2006).

Além de promover a redução da temperatura das carcaças, a etapa de pré-resfriamento também proporciona uma lavagem das carcaças, contribuindo com a remoção de resíduos de sangue e outras matérias orgânicas indesejáveis para qualidade e conservação do produto (OWENS et al., 2010).

Para o pré-resfriamento de carcaças de frango, o método por imersão em tanques contínuos com água gelada é o mais comum, sendo o mais adotado pelos frigoríficos brasileiros (LAURINDO et al., 2010). É realizado em resfriadores lineares contínuos, tipo rosca sem fim, denominados *chillers*. Trata-se de tanques metálicos de comprimento variável, providos de tambores rotativos ou rosca sem fim, preenchidos com água gelada (ou água e gelo), e dispostos em série na linha de abate. As carcaças são submetidas ao pré-resfriamento, sendo mantidas imersas sob constante agitação por um tempo variável em cada *chiller* (OWENS et al., 2010).

De acordo com a legislação, o pré-resfriamento por imersão é basicamente efetuado em dois estágios. O primeiro estágio é realizado no pré-*chiller*, em que a temperatura da água varia de 10 a 15 °C, não podendo ser superior a 16 °C (medida no início do tanque, no local de entrada das carcaças). O tempo em que a carcaça permanece no pré-*chiller* varia de 10 a 30 minutos, não podendo ser superior a 30 minutos. O segundo estágio é realizado no *chiller*, em que a temperatura da água varia entre 0 a 2 °C, não podendo ser superior a 4 °C. No final do processo de pré-resfriamento, a temperatura das carcaças podem variar entre 5 e 8 °C, sendo o ideal entre 2 e 4 °C. A Portaria N° 210, de 10 de novembro de 1998 do MAPA, estipula 7 °C como a temperatura máxima para as carcaças que serão comercializadas sob refrigeração e 10 °C para aquelas destinadas ao congelamento imediato (BRASIL, 1998).

Além do monitoramento e manutenção do parâmetro temperatura, deve-se realizar a renovação constante de água nos *chillers*. Essa deve ser constante e introduzida no sentido contracorrente, sendo recomendado o consumo de 1,5 litros por carcaça no primeiro estágio (pré-*chiller*) e no segundo estágio (*chiller*) um consumo que varia entre 1,0 e 2,0 litros de água gelada, de acordo com a massa das carcaças (BRASIL, 1998). Com relação a água utilizada no pré-resfriamento, ela não pode ser recirculada e deve apresentar os padrões de potabilidade estabelecidos pelo RIISPOA (BRASIL, 1952).

Pelo fato de ocorrer perdas de água da carcaça durante as etapas de transporte e abate, é permitido que a absorção de água pela carcaça até 8% da massa inicial, sendo este valor estabelecido pelo MAPA por meio da Portaria N° 210, de 10 de novembro de 1998 (BRASIL, 1998). Dessa forma, esta etapa também tem grande importância econômica para os frigoríficos abatedouros.

Assim, diversos trabalhos são desenvolvidos com o objetivo de verificar, modelar e/ou identificar os fatores e variáveis mais impactantes nesta etapa do processo de abate, como pode ser observado nos estudos de Brizio, Fagundes e Prentice (2012), Martins et al. (2011), Reche, Rui e Carmo (2011) e Klassen et al. (2009).

O sistema de controle da absorção de água em carcaças de aves submetidas ao pré-resfriamento por imersão deve ser eficiente e efetivo, sem margem a qualquer prejuízo na qualidade do produto final. Os métodos oficiais para o referido controle são o Método de Controle Interno e o Método do Gotejamento, realizados durante o processo industrial pela Inspeção Federal, para controle da absorção de água em carcaças congeladas de aves submetidas ao pré-resfriamento por imersão (BRASIL, 1998).

Dentro da indústria, o valor da absorção é obtido medindo-se a massa da ave na entrada e logo após a saída do sistema de *chillers*. A diferença positiva averiguada na massa da carcaça entre a saída e a entrada é calculada e indicada de pela porcentagem sobre o valor da massa na entrada do *chiller*. A quantidade de água determinada por este método exprime-se em porcentagem da massa total da carcaça de ave no limite máximo de 8% da sua massa (BRASIL, 1998).

A água absorvida durante o pré-resfriamento por imersão está diretamente relacionada com a temperatura da água dos resfriadores (*chillers*), tempo de permanência no sistema, tipo de corte abdominal, injeção de ar no sistema (borbulhamento) e outros fatores (BRASIL, 1998).

Para a indústria, a identificação das principais variáveis que afetam a absorção de água pelas carcaças durante o pré-resfriamento se faz importante pelo fato de poder proporcionar melhorias significativas no controle do processo (MARTINS et al., 2011).

De acordo com o estudo desenvolvido por Klassen (2008), envolvendo a modelagem do processo da absorção de água durante a etapa pré-resfriamento por meio do uso de redes neurais, diversas são as variáveis que interferem no processo de resfriamento do frango em escala industrial, sendo: massa inicial do frango; velocidade do abate; temperatura inicial do frango; tempo de retenção em cada *chiller* e o tempo total; vazão da água de renovação; vazão e temperatura do propilenoglicol; intensidade e eficiência do borbulhamento; temperatura do ar



injetado; quantidade de gelo adicionado e local de adição; variáveis ambientais, como temperatura e umidade do ar; variáveis de projeto, como espessuras e materiais de isolamento; lavagem final das carcaças; tempo de gotejamento das carcaças; sexo da ave; alimentação da ave; abertura abdominal; lesões por esforço da evisceração; desnaturação proteica na escaldagem; diferenças fisiológicas entre as aves; posição das carcaças dentro do *chiller* durante o resfriamento e; rompimento da pele. Neste estudo, o autor destacou as variáveis que exerceram maior influência na absorção de água das carcaças durante a modelagem, sendo: massa inicial do frango, temperatura no primeiro ponto do *chiller* e intensidade e eficiência do borbulhamento no *chiller*.

De acordo com o estudo sobre refrigeração de carcaças de aves realizado por James et al. (2006), o tempo de retenção e o borbulhamento são os fatores que devem ser controlados para limitar a absorção de água pelas carcaças. Além disso, foi verificado que a quantidade de gelo adicionado também interfere na absorção de água.

Carciofi e Laurindo (2007) realizaram um estudo sobre a influência das variáveis do processo na absorção de água da carcaça durante a etapa de resfriamento. O experimento foi conduzido em um projeto piloto e, de acordo com os autores, as variáveis determinantes na absorção foram a temperatura da água de resfriamento, o borbulhamento e o tempo de imersão das carcaças no *chiller*.

No estudo realizado por Sant'anna (2008), testaram-se os efeitos das variáveis no processo de absorção de água das carcaças de frango durante a permanência no *chiller*. Por meio da análise de regressão, foi evidenciado que a absorção de água foi influenciada significativamente pela massa inicial, pelo borbulhamento e pela temperatura final da água do *chiller*.

### **3.4. Qualidade na indústria de alimentos**

No cenário do mercado mundial, a busca por produtividade com qualidade, aliada à redução e eliminação de desperdícios, defeitos e ineficiências durante o processo produtivo se tornou vital em qualquer unidade industrial. O fato de o mercado estar cada vez mais competitivo e com consumidores cada vez mais

exigentes e conscientes dos seus direitos fez com que a qualidade se tornasse sinônimo de sobrevivência da empresa (MAIA e DINIZ, 2009; ARAÚJO, 2010).

A qualidade é um dos fatores mais importantes na escolha de produtos ou serviços. Pode ser definida como valor do bem ou do serviço, por meio da quantificação do grau de satisfação do consumidor com respeito a vários itens, tais como preço, confiabilidade, durabilidade, estética, pontualidade, sabor, conforto, entre outros. Pode ser avaliada por meio de oito componentes ou dimensões da qualidade: desempenho, confiabilidade, durabilidade, assistência técnica, estética característica, qualidade percebida e conformidade com especificações. Baseia-se no ponto de vista de que produtos e serviços devem apresentar as especificações exigidas pelos consumidores ou clientes de forma a satisfazer as exigências (MONTGOMERY, 2012). O termo consumidor ou cliente aplica-se a todos os tipos de usuários da cadeia produtiva, seja um indivíduo que compra ou paga por um serviço ou produto, uma organização industrial, uma loja de varejo ou a etapa seguinte de uma linha de processamento (VIEIRA, 2012).

Embora todo o fabricante tenha a intenção de fabricar produtos com a especificação exigida, isso nem sempre acontece devido à existência da variabilidade nos processos produtivos. Dois itens de um mesmo produto não são exatamente iguais, mesmo sendo do mesmo tipo, da mesma marca e do mesmo lote. Isso acontece devido à variabilidade que não pode ser eliminada, porém, pode ser conhecida e controlada (VIEIRA, 2012).

Ao envolver a questão da variabilidade, gerou-se uma definição mais moderna da qualidade, afirmando-se que ela é inversamente proporcional à variabilidade (MONTGOMERY, 2012). A variabilidade do processo está relacionada com as diferenças existentes entre as unidades produzidas (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2010).

Esta diferença é devida à variabilidade de um determinado número de variáveis, denominadas características de qualidade. Podem ser de natureza física (comprimento, concentração, voltagem), sensorial (gosto, cor, aparência, textura, sabor) e temporal (confiabilidade) (VIEIRA, 2012). Quanto menor for a variabilidade, menor será a variação das características de qualidade, fazendo com que as exigências sejam atendidas. O termo melhoria de qualidade também é muito

empregado neste contexto, sendo definido como a redução da variabilidade nos processos e produtos (MONTGOMERY, 2012).

A qualidade é um dos aspectos que mais influencia a decisão de consumo, sendo que na produção de alimentos não só as características sensoriais dos produtos, mas também as condições higiênico-sanitária da produção são consideradas como fatores impactantes (JESUS Jr et al., 2007). Segundo Ebert, Silva e Vilas Boas (2009), os consumidores tornaram-se mais conscientes dos atributos de qualidade da carne, gerando um aumento das suas exigências tanto no cenário nacional quanto no internacional. Nesse sentido, observou-se a necessidade de ajustes da indústria avícola aos padrões sanitários internacionais (JESUS Jr et al., 2007). Além disso, na indústria de alimentos, a garantia da qualidade está fortemente associada com padrões de qualidade de apresentação e exposição do produto para efeitos de decisão de compra por parte do consumidor (SANTOS e ANTONELLI, 2011; TOLEDO, BATALHA e AMARAL, 2000).

No setor de produtos cárneos, o crescimento da demanda mundial por carne de frango foi acompanhado pelo aumento da preocupação dos consumidores em buscar uma alimentação voltada para aspectos de qualidade e segurança. Em consequência do aumento das exigências, do conhecimento dos consumidores e do desenvolvimento apresentado pelo setor no cenário nacional, estes produtos tornaram uma opção favorável de compra por serem ofertados com qualidade e serem mais atrativos ao consumidor. (DORR e MARQUES, 2004; BUENO et al., 2007b; RUI, ANGRIMANI E SILVA, 2011)

Um produto ou serviço de qualidade que atenda às exigências do cliente deve ser produzido por meio de um processo estável ou replicável. Neste contexto, o processo deve ser capaz de operar com pequena variabilidade em torno das dimensões alvo ou nominais das características de qualidade do produto ou serviço. Para tanto, o controle permanente dos processos é condição básica para a manutenção da qualidade de bens e de serviços (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2010). Para este propósito, pode ser empregado o controle estatístico de processo (CEP), que consiste em um conjunto de ferramentas de resolução de problemas para obtenção de estabilidade do processo e melhoria da qualidade por meio da redução da variabilidade (MONTGOMERY, 2012).

### 3.5. Controle Estatístico de Processo

O Controle Estatístico de Processo - CEP é um conjunto de ferramentas que emprega a estatística para gerenciar os processos e promover continuamente a melhoria de qualidade por meio da redução da variabilidade das variáveis de controle. A variabilidade é inerente aos processos de produção, não sendo possível eliminá-la completamente. Porém, com a aplicação do CEP é possível reduzi-la (FONSECA, 2010). Segundo Lima et al. (2006), o CEP pode ser descrito como um conjunto de ferramentas de monitoramento *on-line* da qualidade.

De acordo com Cortivo (2005), por meio da aplicação do CEP é possível obter estabilidade e melhorias na capacidade do processo, por meio da redução da variabilidade. Srikaeo, Furst e Ashton (2005) afirmam que com o CEP, é possível realizar a caracterização do processo, sendo esta definida como a atividade necessária para a identificação das variáveis críticas, possibilitando a coleta de dados para análise do comportamento destas ao longo da faixa de operação.

O princípio básico do CEP é formular os limites de controle das características de qualidade baseado na variabilidade natural do processo (MERTENS et al., 2008). Segundo Montgomery (2012), independente de quão bem planejado seja qualquer processo de produção, certa variabilidade sempre existirá devido ao efeito cumulativo de pequenas causas, essencialmente inevitáveis. Tal variabilidade natural é definida pelo autor como “sistema estável de causas aleatórias de variação”. Portanto, para um processo que se encontra operando apenas com causas aleatórias de variação, diz-se que está sob controle estatístico, de forma que a variabilidade em torno dos valores alvo, pré-estabelecidos, é aceitável, atendendo às especificações de qualidade.

Ocasionalmente, outros tipos de variabilidade, que não são normais dentro do processo considerado, podem ocorrer. Algumas ocorrem devido a alguns fatores como o ajuste ou controle inadequado de máquinas, erros de operadores e matéria-prima defeituosa. Tais variações são devido a causas especiais, também chamadas de causas atribuíveis, apresentando variabilidade maior quando comparado com as causas aleatórias. Para um processo que se encontra operando com causas especiais, diz-se que está fora de controle estatístico (MONTGOMERY, 2012).

Dessa forma, as características de qualidade dos produtos se encontram fora dos limites de controle formulados com base na variabilidade natural do processo.

Com a aplicação do CEP, é possível obter uma descrição detalhada do comportamento do processo, identificando sua variabilidade. Possibilita seu controle ao longo do tempo por meio da coleta contínua de dados e da identificação de possíveis causas especiais, responsáveis pelas instabilidades do processo em estudo (ALENCAR et al., 2005). Pode-se, dessa forma, realizar o controle de processo com um enfoque preventivo, centrado no monitoramento e controle das variáveis do processo que influenciam a qualidade final do produto (TOLEDO, BATALHA e AMARAL, 2000).

Para a detecção e visualização da variabilidade do processo, o CEP oferece a técnica dos gráficos de controle de qualidade (MERTENS et al., 2008). Dentre as várias ferramentas da qualidade empregadas no CEP, os gráficos de controle encontram-se como uma ferramenta muito aplicada na indústria de alimentos (KURCREVSKI, 2003).

De acordo com Ramos (2000), os gráficos de controle possuem três objetivos básicos:

- Verificar se o processo estudado é significativamente estável e, portanto, se não há presença de causas especiais de variação;
- Verificar se o processo estudado permanece estável, indicando quando é necessário atuar sobre o mesmo e;
- Permitir o aprimoramento do processo, mediante a redução de sua variabilidade.

Com relação aos tipos de gráficos de controle, têm-se os gráficos para atributos e para variáveis. Os gráficos de controle para atributos estudam o comportamento de variáveis discretas. O mais conhecido é o gráfico np, que monitora a variação do número de itens não-conforme em amostras de tamanho constante. Os gráficos de controle para variáveis estudam o comportamento de variáveis contínuas, como por exemplo, peso, comprimento, densidade e concentração (CORTIVO, 2005; VIEIRA, 2012).

Para a construção dos gráficos, a partir dos dados coletados, calculam-se os limites de controle. Tais limites são definidos pela variabilidade natural do processo, medidos pelo desvio-padrão  $\sigma$ , e correspondem ao limite de tolerância natural do

processo. Em geral, consideram-se a média do processo mais três desvios-padrão para o limite superior de controle (LSC) e a média do processo menos três desvios-padrão para o limite inferior de controle (LIC). Nessa condição, para variabilidade constante e processo sob controle estatístico, em 0,27% dos casos apareceriam pontos fora do controle por razões ocasionais e normais (MONTGOMERY, 2012).

O gráfico de controle é avaliado a partir da perspectiva de identificação de qualquer comportamento não aleatório que possa existir nos dados ao longo do tempo, com presença de movimentos cíclicos e tendências, e da determinação de pontos que fiquem fora dos limites de controle. A ausência de algum padrão de comportamento dos dados e a inexistência de pontos fora dos limites de controle significa dizer que o processo está operando sob controle estatístico (KURCREVSKI, 2003; MONTGOMERY 2012).

Vale ressaltar que o limite de especificação difere do limite de controle do processo. Os limites de especificação são determinados externamente pelo gerente ou pelo engenheiro do processo, não havendo relação matemática ou estatística entre o limite de controle e o limite de especificação (KURCREVSKI, 2003).

A aplicação do CEP foi utilizada no estudo desenvolvido por Oliveira et al. (2012) no monitoramento e controle de grãos de soja armazenado em um silo. O comportamento dos dados sobre a umidade dos grãos foi analisado por meio do monitoramento dessa variável e elaboração de gráficos de controle. Verificou-se que a umidade dos grãos apresentou comportamento fora de controle estatístico e que as causas especiais que estavam agindo no processo de armazenamento deveriam ser identificadas e corrigidas. Além disso, os autores ressaltaram a importância da adoção de ferramentas do CEP para o monitoramento das variáveis de qualidade como rotina de trabalho promovendo manutenção da qualidade.

Srikaeo e Hourigan (2002) fizeram uso do CEP como suporte para validação de procedimentos que seriam empregados para avaliar as variáveis dos pontos críticos de controle de plano de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle - APPCC elaborado para um sistema comercial de lavagem de ovos. De acordo com os autores, apesar do processo estar satisfatório do ponto de vista de segurança do alimento, ele poderia ser melhorado em relação ao aspecto tecnológico, reduzindo a elevada variabilidade dos dados que foi identificada por meio da aplicação de ferramentas do CEP. Pela análise dos gráficos de controle, verificou-se que o

processo estava fora de controle estatístico, indicando a presença de causas especiais que atuavam nas variáveis envolvidas no processo.

Ittzés (2001), em um estudo envolvendo o controle do teor de matéria seca em creme de manteiga, relatou que um problema típico da aplicação do controle estatístico no processamento de alimentos são as diversas causas que atuam na variabilidade das variáveis. Dessa forma, o elevado número de fatores que interferem nas variáveis do processo geram dificuldades no estabelecimento do controle do processamento.

A contaminação microbiológica de 14 cortes de carne de suíno de nove plantas de processamento da França foi acompanhada por um período de quatro anos, no trabalho desenvolvido por Augustin e Minvielle (2008). Os resultados das contagens foram utilizados para construir gráficos de controle e detectar pontos com elevada contaminação microbiológica. Por meio da interpretação dos gráficos de controle, o critério de higiene adotado em uma unidade foi o escolhido como processo padrão para auxiliar as operadoras a detectarem irregularidades nos procedimentos de higiene das demais unidades.

No estudo desenvolvido por Srikaeo, Furst e Ashton (2005), um processo comercial de produção de biscoito a base de trigo foi caracterizado usando técnicas de controle estatístico de processo. De acordo com os gráficos de controle construídos, observaram-se que algumas variáveis do processo operavam fora de controle estatístico, evidenciando elevada variabilidade no processo. Os autores justificaram tal variabilidade com o fato de que as variáveis de entrada não apresentaram correlação com as variáveis de saída devido às condições operacionais da indústria.

Montgomery (2012) apresenta o histograma, folhas de controle, gráfico de Pareto, diagrama causa-e-efeito, diagrama de concentração de defeito e diagrama de dispersão, como as demais ferramentas de qualidade empregadas no CEP.

Além do CEP, outras ferramentas estatísticas podem ser empregadas com o objetivo de promover melhorias nos processos.

No processamento de alimentos, quando se tem como objetivo promover melhorias do processo se faz necessário a identificação da variável ou das variáveis mais impactantes para uma determinada característica de qualidade. Uma maneira de se determinar esta ou estas variáveis, promovendo suporte às ferramentas do

CEP, é o emprego da técnica estatística de regressão linear múltipla, como realizado por Sant'anna (2008) e Reche, Rui e Carmo (2011).

A regressão linear múltipla é uma técnica multivariada que tem como objetivo obter uma relação matemática entre uma das variáveis estudadas (variável dependente ou resposta) e o restante das variáveis que descrevem o sistema (variáveis independentes ou explicativas). Dessa forma, é possível reduzir o número de variáveis independentes com o mínimo de perda de informação, permitindo a detecção das principais variáveis que interferem na variável resposta (ESTEVES e SOUSA, 2012).

Em conjunto com a utilização das ferramentas do CEP, assim como da regressão linear múltipla, algumas técnicas estatísticas podem ser empregadas visando melhor detalhamento e maior descrição dos dados, auxiliando na avaliação do comportamento do processo.

Uma delas é a estatística descritiva, que permite realizar o resumo e descrição dos dados. Porém, o fato de não se fazer inferências estatísticas pode tornar essa técnica limitada (DIEHL, SOUZA e DOMINGOS, 2007). Para além dos valores descritivos, é possível utilizar testes estatísticos inferenciais no conjunto de dados para fazer conclusões das amostras sobre a população. Assim, com testes de hipóteses como o teste t de Student e o teste qui-quadrado, é possível inferir sobre os parâmetros populacionais, com base nas amostras (RODRIGUES e IEMMA, 2009).

Em diferentes setores da indústria, o emprego de procedimentos estatísticos e de ferramentas do CEP na garantia e controle de qualidade dos produtos tem sido demonstrado por vários autores. Na indústria de alimentos, a atividade de controle da qualidade, entretanto, defronta-se com inúmeras restrições, tais como a composição e as variações sazonais que afetam a conformidade das matérias-primas que dificultam a definição de limites de especificação; a falta de especificações e padronização para procedimentos técnicos operacionais; a existência de linhas de produção em uma mesma empresa com diferentes fluxogramas de produção; a falta de investimento e de recursos para treinamento de pessoal e; problemas no atendimento aos requisitos do programa de Boas Práticas de Fabricação.



Considerando a importância do setor avícola e da cadeia produtiva de frangos de corte, além das especificidades tecnológicas dos produtos da indústria de alimentos, alcançar as especificações de qualidade por meio do uso de ferramentas do CEP, empregando outros procedimentos estatísticos como apoio, pode ser um diferencial para a obtenção da melhoria e do controle das etapas do processo de abate de aves.

#### 4. METODOLOGIA

O experimento foi realizado em um abatedouro-frigorífico de aves localizado no estado do Espírito Santo.

Por meio de reuniões com o gerente de produção da empresa, definiu-se a absorção de água das carcaças de frango na etapa de pré-resfriamento como característica de qualidade a ser avaliada através da aplicação das ferramentas do CEP.

As etapas realizadas pela empresa na linha de abate de aves foram acompanhadas por um período de cinco dias com o objetivo de descrever o processo. Foi elaborado o fluxograma, desde a recepção e abate de aves até o envase e congelamento dos cortes.

Em seguida, as variáveis que poderiam exercer influência no teor de absorção de água das carcaças de frango foram identificadas, baseado em estudos disponíveis na literatura científica.

Os dados das variáveis críticas foram coletados diretamente na linha de abate, em tempo real, durante as operações na linha de abate, para a caracterização do processo. Para avaliar o comportamento dos dados coletados para cada variável de entrada e para a variável-resposta, foram empregadas ferramentas do CEP, procedimentos e análises estatísticas.

##### 4.1. Identificação das variáveis críticas

No Quadro 1, são apresentadas as variáveis que foram selecionadas e monitoradas, com base nos estudos realizados por Carciofi e Laurindo (2007); Klassen (2008); Martins et al. (2011).

Quadro 1: Variáveis de entrada e variável-resposta envolvidas na coleta de dados.

<b>Variáveis de entrada</b>	<b>Unidade</b>
Massa inicial da carcaça	[g]
Temperatura 1 (entrada) do pré-chiller	[°C]
Temperatura 2 (saída) do pré-chiller	[°C]
Tempo de retenção da carcaça no pré-chiller	[min]

Quadro 1: continuação

Vazão da água de reposição no pré- <i>chiller</i>	[m <sup>3</sup> /min]
Borbulhamento no pré- <i>chiller</i>	[adimensional]
Temperatura 1 (entrada) no <i>chiller</i>	[°C]
Temperatura 2 (interior) no <i>chiller</i>	[°C]
Temperatura 3 (interior) no <i>chiller</i>	[°C]
Temperatura 4 (saída) no <i>chiller</i>	[°C]
Tempo de retenção da carcaça no <i>chiller</i>	[min]
Vazão da água de reposição no <i>chiller</i>	[m <sup>3</sup> /min]
Borbulhamento no <i>chiller</i>	[adimensional]
Tempo de gotejamento da carcaça	[min]
Tempo de espera das carcaça após o gotejamento	[min]
Quantidade de gelo adicionado durante o pré-resfriamento	[kg]
Variável resposta	Unidade
Teor de absorção de água	[%]

#### 4.2. Coleta de dados

Para monitoramento das variáveis durante a etapa de pré-resfriamento das carcaças de frango, foram realizados os procedimentos de coleta de dados de acordo com os trabalhos desenvolvidos por Klassen (2008); Martins et al. (2011) e Reche, Rui e Camargo (2011).

Foram coletadas 80 carcaças, sendo que cada uma foi considerada como uma amostra. Cabe ressaltar que o sistema de coleta foi elaborado de forma que não ocasionasse alterações na rotina de trabalho dos funcionários da empresa.

A coleta de dados das variáveis apresentadas no Quadro 1 ocorreu em tempo real, por meio da identificação das carcaças com lacre após a etapa de evisceração, na entrada do pré-*chiller* e seu acompanhamento durante toda a etapa de pré-resfriamento, desde a passagem das carcaças identificadas no *chiller* até o final da etapa de gotejamento. Os procedimentos adotados na coleta estão descritos a seguir.

Inicialmente, as carcaças foram removidas da linha de processamento na entrada do *pré-chiller*. A massa inicial foi medida e, em seguida, a carcaça foi identificada com um lacre. Foram realizadas: leitura inicial do hidrômetro para o cálculo da vazão da água de reposição do *pré-chiller*; leitura das temperaturas da água na entrada e na saída do *pré-chiller*; marcação do tempo inicial para verificação do tempo de retenção da carcaça no *pré-chiller* e; medição da intensidade do borbulhamento da água no *pré-chiller*.

Durante a passagem da carcaça do *pré-chiller* para o *chiller*, foram realizadas: leitura final do hidrômetro do *pré-chiller* e leitura inicial do hidrômetro do *chiller*; leitura da temperatura da água da entrada, em dois pontos intermediários e na saída do *chiller*; marcação final do tempo de retenção no *pré-chiller* e a marcação inicial do tempo de retenção da carcaça no *chiller* e; medição da intensidade do borbulhamento da água no *chiller*. A quantidade de gelo adicionado durante toda a etapa de pré-resfriamento foi registrada. Na saída do *chiller*, registrou-se o tempo final da retenção da carcaça e realizou-se a leitura final do hidrômetro.

Em seguida, as carcaças foram içadas na nória e seguiram para a etapa de gotejamento. Nessa etapa, as variáveis monitoradas foram o tempo total da etapa de gotejamento e o tempo de espera da carcaça ao término da etapa de gotejamento até ser direcionada para a linha de corte. Ao final da etapa de gotejamento, a massa final da carcaça identificada com lacre foi medida para realização do cálculo do teor de absorção de água.

Algumas observações específicas do procedimento de coleta de dados são apresentadas a seguir:

- O monitoramento e registro da temperatura da água no *pré-chiller* foram realizados na entrada e saída do equipamento. No *chiller*, devido à sua maior extensão, a coleta de dados da temperatura da água foi realizada em quatro pontos diferentes do tanque: T1 (temperatura na entrada), T2 e T3 (temperaturas em pontos intermediários) e T4 (temperatura na saída).
- O cálculo da vazão da água de reposição, que consiste na renovação de água dos *chillers*, foi feito por meio da diferença entre a leitura final e a leitura inicial do volume de água registrado nos hidrômetros em razão do

tempo de retenção da carcaça no respectivo tanque, obtendo um valor em m<sup>3</sup>/min.

- A medição da variável borbulhamento foi realizada visualmente, sendo determinada uma escala adimensional de 0 a 5: zero para borbulhamento inexistente, 1 para borbulhamento muito fraco até 5 para borbulhamento muito forte, seguindo os procedimentos realizados pela própria indústria.
- Aos tanques de resfriamento, foi adicionado gelo em intervalos de tempo de cerca de 8 minutos durante a etapa de pré-resfriamento e cada carga continha 240 kg de gelo.
- O teor de absorção de água das carcaças com lacre foi calculado por meio da diferença entre a massa final e a massa inicial dividido pela massa inicial e multiplicada por 100.

#### **4.3. Análise estatística e aplicação do CEP**

Para realizar o estudo do teor de absorção de água pelas carcaças de frango, determinou-se a variabilidade entre as amostras coletadas e a influência das variáveis de entrada nos valores calculados para esta característica de qualidade.

Os dados do teor de absorção foram analisados empregando-se estatística descritiva, análises de inferência (testes t de Student e qui-quadrado) e ferramentas do CEP (histograma e gráficos de controle). Os dados das variáveis de entrada, que estão, teoricamente, envolvidas com o teor de absorção de água e que foram definidas de acordo com a literatura, foram analisados empregando-se ferramentas do CEP (gráficos de controle e histogramas), análise de correlação, estatística descritiva e regressão linear múltipla.

Para determinação da variabilidade dos dados do teor de absorção de água das carcaças, foram calculados os valores mínimo e máximo, a média, o desvio-padrão, a amplitude e o coeficiente de variação dos dados coletados usando o *software* Statistica 7.0, conforme descrito por Pease, Caten e Ribeiro (2001); Srikaeo e Hourigan (2002) e Diehl, Souza e Domingos (2007). Como complemento à análise descritiva, testes de inferência foram realizados para verificar o nível de variabilidade do teor de absorção de água das carcaças, empregando-se o teste t de Student para o valor médio da absorção e o teste qui-quadrado para o desvio-padrão.

Para realização dos testes inferenciais, se fez necessário a definição das hipóteses a serem testadas assim como a definição dos limites de variação ou limites de controle e limites de especificação para os valores do teor de absorção de água. Definindo-se os limites de especificação, definiram-se os valores mínimo e máximo que essa variável poderia assumir sem que a variabilidade inerente do processo, para as condições operacionais da indústria, afetasse a qualidade do produto.

Para definição dos limites naturais de variação do teor de absorção de água considerou-se que  $\pm 3$  desvios-padrão seria a faixa de valores adequada para garantir a qualidade do produto. Segundo a definição dada por Ruthes, Ceretta e Sonza (2006) e Lunet, Severo e Barros (2006), os valores variando de  $\pm 3$  desvios-padrão implicam que 99,73% dos dados estariam dentro dos limites de controle, dada a medida centrada no valor-alvo. Segundo Montgomery (2012), para uma distribuição de probabilidade normal como modelo para uma característica da qualidade, com os limites de controle em  $\pm 3$  desvios-padrão, a probabilidade de se produzir um produto fora das especificações é de 0,0027, o que corresponde a 2.700 partes defeituosas por milhão (ppm) de unidades.

Na definição do valor do limite de especificação do teor de absorção de água, considerou-se o valor de 8%, definido pela Portaria N° 210, de 10 de novembro de 1998 do MAPA, como o limite superior de especificação (LSE) para esta característica de qualidade.

Portanto, determinou-se como hipótese nula para o teste t de Student, o valor igual a 5, correspondendo ao valor médio de 5% para o teor de absorção de água pelas carcaças de frango. Como hipótese alternativa, valores diferentes de 5. Como hipótese nula para o teste qui-quadrado, definiu-se que o valor do desvio-padrão seria igual a 1, correspondendo ao LIE igual a 2% e LSE igual a 8%. Como hipótese alternativa, valores diferentes de 1. As hipóteses foram testadas ao nível de 5% de probabilidade pelos respectivos testes inferenciais, usando o *software* Statística 7.0.

Para verificar a distribuição dos dados coletados, foram construídos histogramas usando o *software* Statística 7.0 como suporte computacional. Analisou-se a frequência de ocorrência de determinada faixa dos dados, conforme realizado por Srikaeo, Furst e Ashton (2005) e Reche, Rui e Camargo (2011).

Para verificar a relação linear entre as variáveis de entrada com o teor de absorção foi realizada uma regressão linear múltipla, conforme Reche, Rui e Camargo (2011) e Sant'anna (2008). Para se proceder o ajuste do modelo de regressão aos dados, introduziu-se no *software* Statistica 7.0 o conjunto de dados das 80 observações das variáveis de entrada e da variável-resposta. As 16 variáveis de entrada ( $k = 16$ ), já apresentadas anteriormente, foram definidas como as variáveis independentes e o teor de absorção de água pelas carcaças ficou definido como a variável dependente. O modelo de regressão com as variáveis envolvidas é apresentado pela equação 1:

$$\begin{aligned} \text{ABS} = & \beta_0 + \beta_1 M_i + \beta_2 T_{1_{pc}} + \beta_3 T_{2_{pc}} + \beta_4 \text{RET}_{pc} + \beta_5 \text{VAZ}_{pc} + \\ & \beta_6 \text{BORB}_{pc} + \beta_7 T_{1_c} + \beta_8 T_{2_c} + \beta_9 T_{3_c} + \beta_{10} T_{4_c} + \beta_{11} \text{RET}_c + \\ & \beta_{12} \text{VAZ}_c + \beta_{13} \text{BORB}_c + \beta_{14} \text{GOT} + \beta_{15} \text{ESP} + \beta_{16} \text{GELO} + \varepsilon \end{aligned} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

ABS = Teor de absorção de água da carcaça de frango;

$M_i$  = Massa inicial da carcaça

$T_{1_{pc}}$  = Temperatura da água na entrada do pré-*chiller*;

$T_{2_{pc}}$  = Temperatura da água na saída do pré-*chiller*;

$\text{RET}_{pc}$  = Tempo de retenção da carcaça no pré-*chiller*;

$\text{VAZ}_{pc}$  = Vazão de reposição de água no pré-*chiller*;

$\text{BORB}_{pc}$  = Intensidade do borbulhamento da água no pré-*chiller*;

$T_{1_c}$  = Temperatura da água na entrada do *chiller*

$T_{2_c}$  = Temperatura da água no primeiro ponto intermediário do *chiller*;

$T_{3_c}$  = Temperatura da água no segundo ponto intermediário do *chiller*;

$T_{4_c}$  = Temperatura da água na saída do *chiller*;

$\text{RET}_c$  = Tempo de retenção da carcaça no *chiller*;

$\text{VAZ}_c$  = Vazão de reposição de água no *chiller*;

$\text{BORB}_c$  = Intensidade do borbulhamento da água no *chiller*;

GOT = Tempo de gotejamento da carcaça ;

ESP = Tempo de espera da carcaça após o gotejamento;

GELO = Massa de gelo adicionado durante o pré-resfriamento;

$\varepsilon$  = Erro aleatório.

Com relação à qualidade do ajuste, foi realizado o cálculo do coeficiente de determinação, para verificar quanto da variabilidade da variável “teor de absorção de água” era explicada pelas variáveis (PIMENTEL-GOMES, 2002).

Para obtenção de um modelo de regressão mais satisfatório, procedeu-se o procedimento de exclusão de variáveis (*stepwise*) a partir da análise da estatística t das variáveis, conforme realizado por Li (2004) e Reche, Rui e Camargo (2011). Neste procedimento, todas as variáveis são incluídas no modelo e vão sendo retiradas uma a uma, em função da contribuição significativa dada pela análise da significância da estatística t. O procedimento consiste em eliminar as variáveis não significativas, que correspondem àquelas que apresentam o menor valor da estatística t, em valor absoluto, por se tratar das variáveis de menor importância (HAIR Jr et al., 2009). Para as variáveis significativas, procedeu-se a análise de correlação para quantificar o grau de correlação com a variável resposta.

Em seguida, procedeu-se à construção dos gráficos de controle para verificar se as variáveis do processo operavam sob controle ou fora de controle estatístico, conforme realizado por Srikaeo, Furst e Ashton (2005); Mertens et al. (2008) e Mataragas et al. (2012). A construção dos gráficos de controle da medida individual e da amplitude móvel de Shewhart foi realizada empregando-se o *software* Excel® 2010. A interpretação dos gráficos de controle foi realizada conforme Fonseca (2010), Vieira (2012) e Montgomery (2012), na qual considerou-se que o processo encontrava-se fora de controle quando um ou mais pontos se localizaram fora dos limites de controle ou quando os pontos exibiram algum padrão de comportamento não aleatório. Este comportamento é identificado quando algum tipo de sequência é detectada, como comportamento cíclico, deslocamento no nível do processo, presença de alguma tendência (movimento contínuo dos pontos em uma direção), mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central ou qualquer comportamento não-aleatório dos pontos. Para o caso em que a distribuição dos pontos no gráfico de controle indica comportamento aleatório, evidenciando a ausência de algum comportamento padrão, além da inexistência de pontos fora dos limites de controle, é considerado que o processo opera sob controle estatístico.

Para melhor interpretação e verificação da variabilidade das variáveis de entrada, foram calculados os valores mínimo e máximo, a média, o desvio-padrão, a



amplitude e o coeficiente de variação dos dados coletados usando o *software* Statistica 7.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os estudos da variação do teor de água absorvida pelas carcaças de frango durante a etapa de pré-resfriamento por imersão em *chiller* foram realizados durante a rotina de trabalho da empresa. A coleta de dados foi realizada em tempo real, sem alterar os procedimentos operacionais e a rotina de trabalho dos funcionários da linha de abate de aves.

O abatedouro-frigorífico trabalha com abate diário de 45 mil aves. Possui 450 colaboradores, os quais se dividem em dois turnos diários trabalhando durante cinco dias semanais. Dentre os produtos comercializados têm-se, principalmente, os cortes de frangos congelados. Com o acompanhamento da produção, elaborou-se o fluxograma da linha de abate, apresentado na Figura 4.

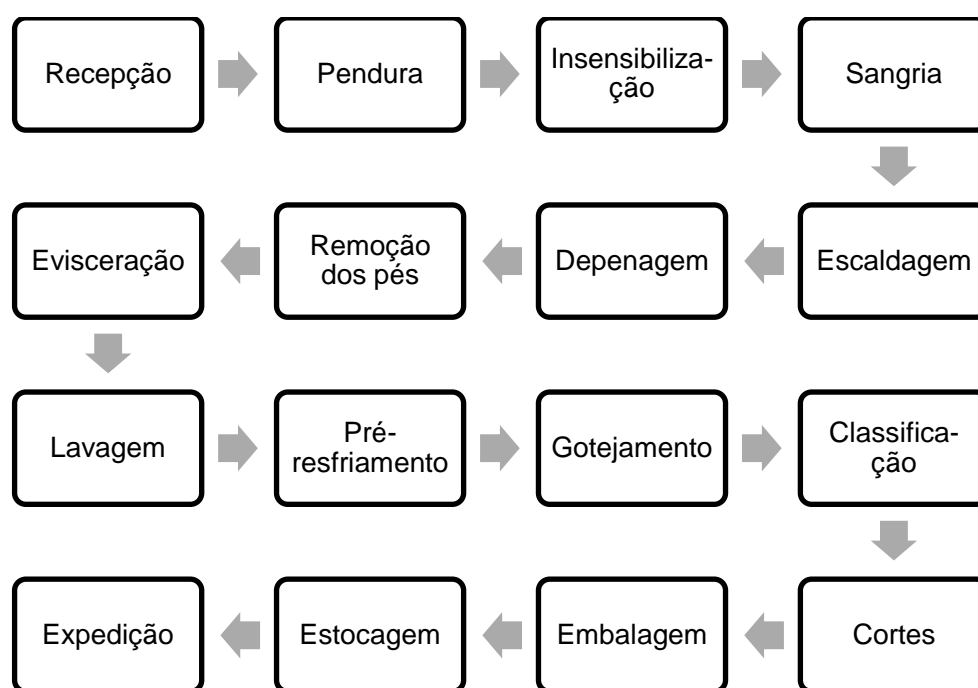


Figura 4: Fluxograma da linha de abate do abatedouro-frigorífico

### 5.1. Comportamento da variável-resposta

Os dados do teor de absorção de água das carcaças de frango foram inicialmente analisados por meio da estatística descritiva. Observou-se que os valores para esta variável estavam compreendidos entre 2,34 e 10,84%, com amplitude de 8,50. A média amostral foi de 5,03% com desvio-padrão de 1,80% e

coeficiente de variação de 35,80%. A partir desse valor, considerou-se inicialmente que a variável de estudo apresentou variabilidade aparentemente elevada.

Como complemento à análise descritiva, para confirmar o grau de variabilidade da variável-resposta, tem-se os resultados do teste t de Student para o valor médio da absorção, e o teste qui-quadrado para o desvio-padrão, apresentados a seguir.

Para tanto, conforme descrito anteriormente, para valores dos limites naturais de variação em  $\pm 3$  desvios-padrão, consideraram-se que a média igual a 5,0 e o desvio-padrão igual a 1,0 implicaria que 99,73% dos dados do teor de absorção de água estariam compreendidos entre o valor mínimo de 2% e máximo de 8%, atendendo ao limite estabelecido pela legislação.

Pelos resultados obtidos com a aplicação do teste t de Student, obteve-se  $P > 0,05$ , indicando que o teor de absorção média das carcaças foi igual 5%. Entretanto, de acordo com os resultados do teste qui-quadrado, obteve-se  $P < 0,05$  e, portanto, conclui-se que o desvio-padrão foi maior do que o valor 1,0% testado na hipótese de nulidade. Dessa forma, a rejeição da hipótese nula testada para o desvio-padrão dos dados do teor de absorção de água confirmou a elevada variabilidade relatada anteriormente com base no valor elevado do coeficiente de variação (35,80%) desta variável.

Em termos práticos, verificou-se que uma fração dos dados ultrapassou o LSE. Este resultado pode ser observado na Figura 5, em que é apresentado o histograma dos dados da absorção de água pelas carcaças.

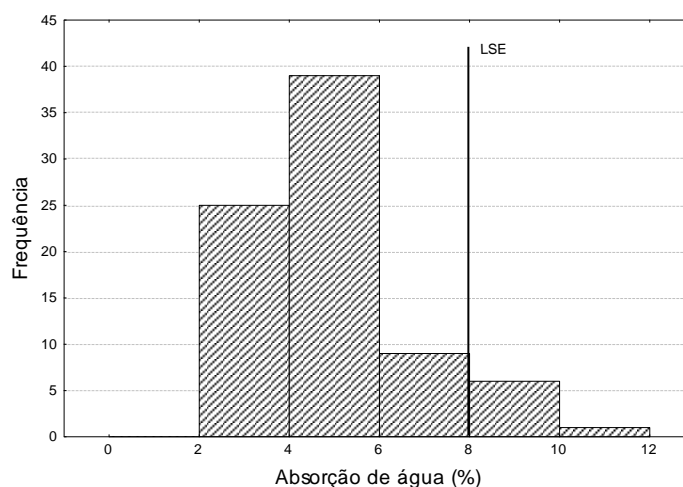


Figura 5: Histograma do teor de absorção de água das carcaças de frango.

De acordo com a Figura 5, foi possível verificar que a faixa de valores do teor de absorção de água pelas carcaças, na qual ocorreu maior concentração foi entre 4 e 6%. Entretanto, verificou-se que 10% (8/80) das carcaças de frango apresentaram teor absorção de água superior ao LSE. Este resultado pode ser justificado pela elevada variabilidade entre os dados amostrais, já comprovada anteriormente, para as condições operacionais dessa linha de abate de frangos.

Segundo Montgomery (2012), por meio da redução desta variabilidade entre as unidades produzidas é possível promover melhorias de qualidade do produto em relação à característica de qualidade avaliada. De acordo com Ruthes, Ceretta e Sonza (2006), quando a elevada variabilidade de um processo é reduzida, este se torna capaz de produzir unidades com maior padronização e alcançar as especificações de qualidade com maior êxito. Portanto, a falta de padronização de um produto ou serviço é resultado da elevada variabilidade das variáveis operacionais do processo.

## 5.2. Influência das variáveis de entrada sobre a variável-resposta

Para verificar a relação linear entre as 16 variáveis de entrada com a variável-resposta (teor de absorção de água das carcaças), realizou-se uma regressão linear múltipla, para obtenção do modelo de regressão (Equação 1).

Pelo procedimento de exclusão de variáveis (*stepwise*) a partir da análise da estatística t das variáveis selecionou-se o modelo apresentado na Equação 2.

$$\widehat{ABS} = 3,1885 + 0,0799(*RET_{PC}) - 0,2138(*ESP), \quad R^2 = 0,16 \quad \text{Equação 2}$$

\* Significativo pelo teste t de Student ( $P < 0,05$ )

Onde:

ABS = Teor de absorção de água da carcaça de frango;

RET<sub>pc</sub> = Tempo de retenção da carcaça no pré-chiller;

ESP = Tempo de espera da carcaça após o gotejamento.

Verificou-se que o “teor de absorção de água” (ABS) foi influenciado significativamente ( $P < 0,05$ ) pelas variáveis “tempo de retenção da carcaça no pré-

*chiller*” ( $RET_{pc}$ ) e “tempo de espera da carcaça após o gotejamento” (ESP) pelo teste t de Student. De acordo com o modelo obtido (Equação 2), o ABS aumenta em função do  $RET_{pc}$  e diminui em função do ESP. Assim, a partir da interpretação do modelo, para cada aumento de 1 minuto no  $RET_{pc}$ , ocorre um aumento de aproximadamente 0,08% no teor de absorção de água e, para cada aumento de 1 minuto no ESP, ocorre uma redução de aproximadamente 0,21%.

Apesar de estatisticamente apenas 16% da variação do teor de absorção de água ser explicado pelas duas variáveis de entrada significativas do modelo (Equação 2), este resultado pode ser explicado em função do conhecimento técnico. Se a carcaça de frango permanecer no tanque de pré-resfriamento por mais tempo, significa que ela permanecerá por mais tempo em contato com a água, fazendo com que esteja mais disponível para absorver maior quantidade de água. Com relação ao tempo de espera após o gotejamento, considerando que durante esse período ocorre perda da água adquirida pela carcaça, a tendência é que quanto maior esse tempo menor será o teor de água na carcaça.

A ausência de um melhor modelo de regressão indica que as duas variáveis de entrada apresentaram pouca relação com a variável-resposta ( $R^2=16\%$ ). A estimativa do coeficiente de correlação entre o teor de absorção e o tempo de retenção no pré-*chiller* foi de 0,33. Já o da absorção com o tempo de espera após o gotejamento foi de - 0,26.

Portanto, neste estudo, verificou-se que nas condições em que o processo foi operacionalizado, considerando os intervalos em que as variáveis de entrada se manifestaram e, conseqüentemente, nas respectivas combinações entre os mesmos, não foi possível conhecer satisfatoriamente as causas da variação do teor de absorção de água.

A falta de precisão nas variáveis envolvidas nos *chillers* de abatedouro-frigorífico industrial foi citada por Carciofi e Laurindo (2007). A falta de correlação existente entre variáveis de entrada com variáveis de saída em um processo industrial de produção de biscoito a base de trigo foi observado no estudo desenvolvido por Srikaeo, Furst e Ashton (2005). Segundo os autores, a ausência de correlação foi devido às condições operacionais da indústria. Além disso, a dificuldade em se trabalhar com tantas variáveis agindo ao mesmo tempo em tal

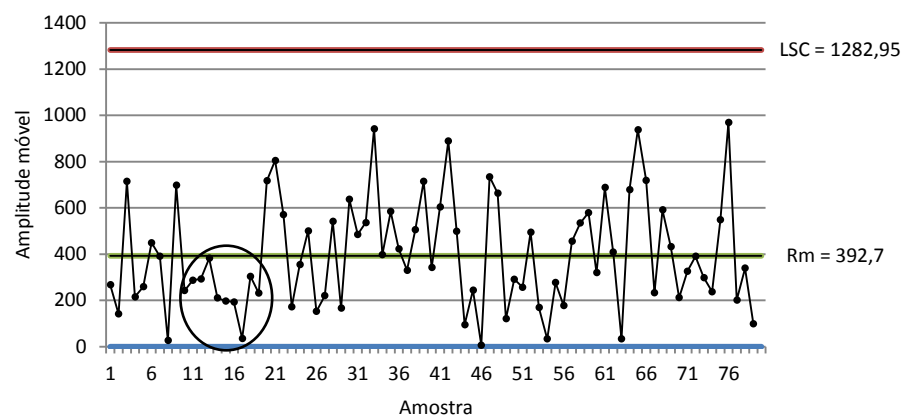
ambiente, conforme mencionado por Klassen (2008) deve ser levada em consideração, devido à interferência que uma pode estar provocando na outra.

Verificou-se, também, que quando as variáveis de entrada identificadas como importantes segundo os autores Carciofi e Laurindo (2007); Klassen (2008) e Martins et al. (2011), cujos experimentos foram realizados em condições laboratoriais ou em planta-piloto, com controle sobre as variáveis do processo, não apresentaram comportamento semelhante se comparado com os resultados do presente estudo, no qual os dados foram obtidos por meio do monitoramento *online* das mesmas variáveis, em tempo real, diretamente na linha de abate de frangos nas condições operacionais específicas da empresa.

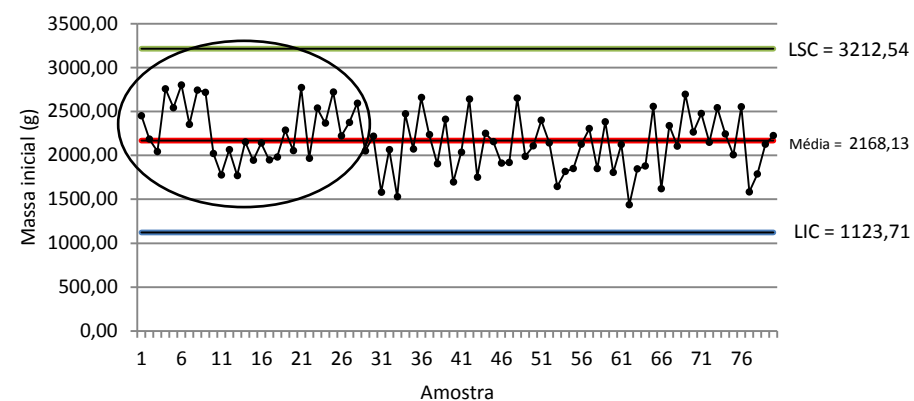
Ao se proceder um estudo deste gênero, portanto, devem ser destacadas as condições em que o processo se opera, uma vez que as variáveis mais impactantes podem ser tanto diferentes em cada estudo quanto em alguns casos, nem se reportarem. Assim, observou-se que a elaboração do fluxograma do processo (Figura 4) após acompanhamento e a descrição detalhada das operações envolvidas na linha de produção foi uma ferramenta importante para o conhecimento do processo e do ambiente operacional, assim como para o desenvolvimento de ações com o objetivo de controle, garantia e melhoria da qualidade do produto.

### **5.3. Controle Estatístico de Processo**

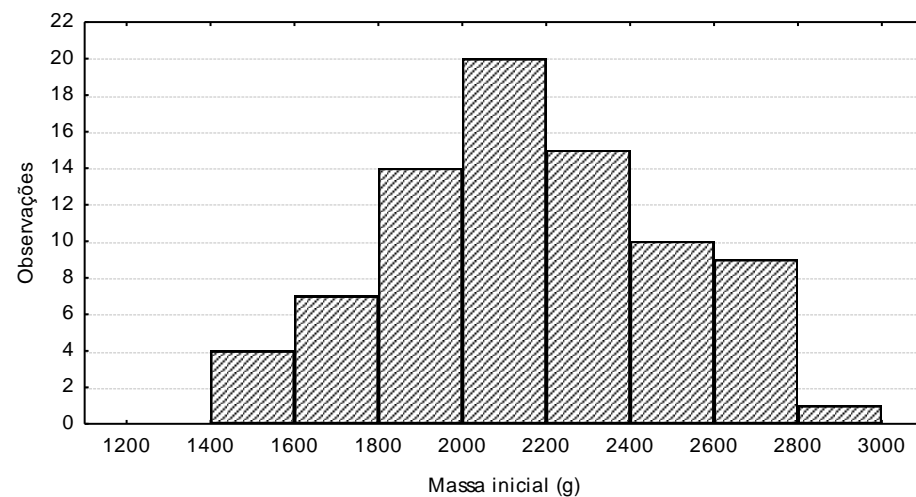
Para avaliar o comportamento e a variabilidade das variáveis de entrada durante a etapa de pré-resfriamento das carcaças de frango, foram empregadas as ferramentas do CEP. Para cada variável monitorada, foram construídos os gráficos de controle da amplitude móvel, os gráficos de controle da medida individual e os histogramas, apresentados nas Figuras de 6 a 21.



(a)

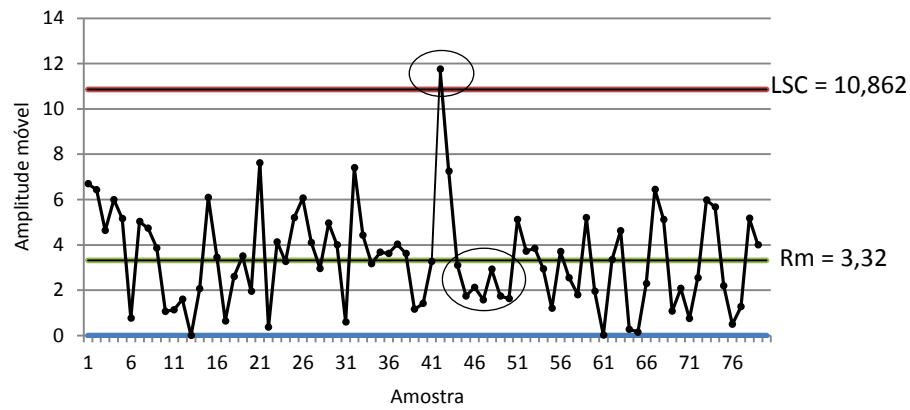


(b)

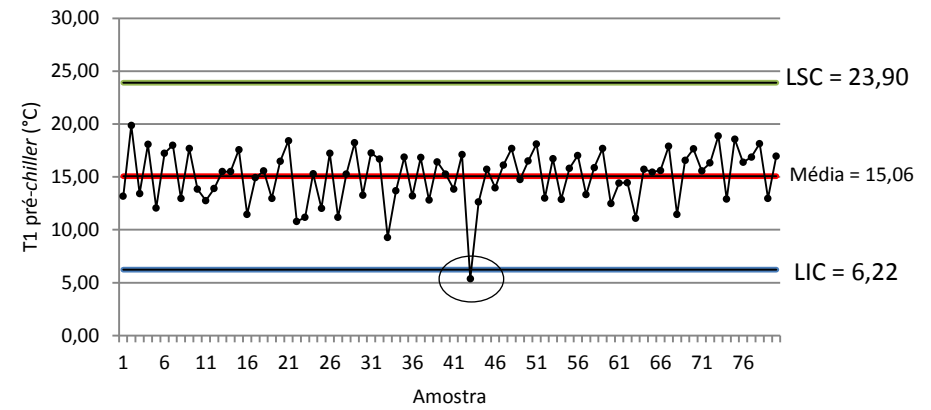


(c)

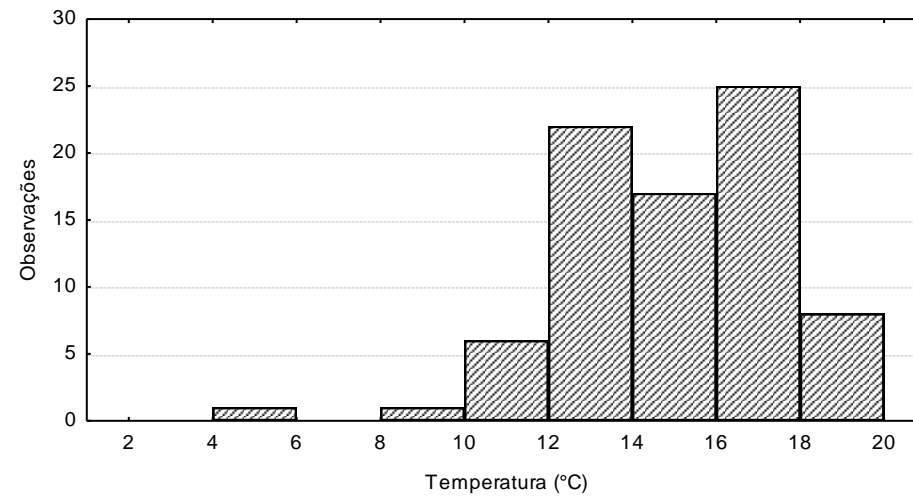
Figura 6: Massa inicial da carcaça: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)



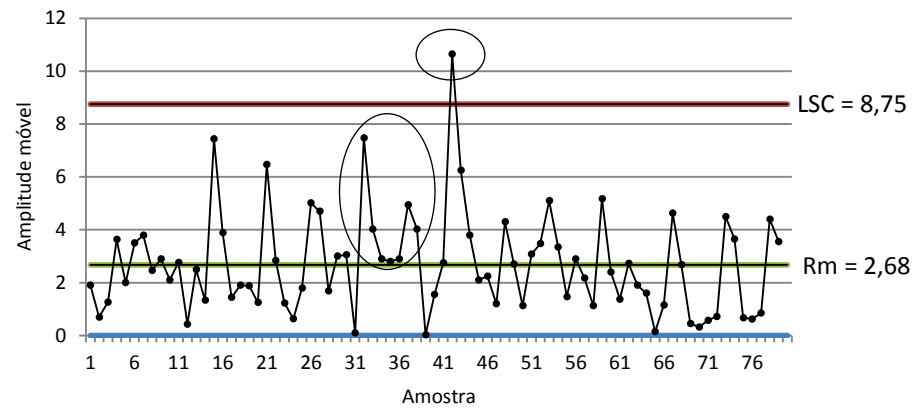
(b)



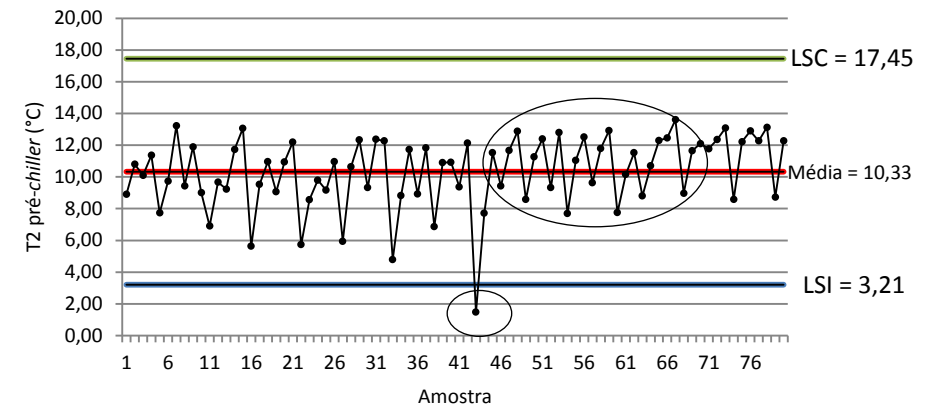
(c)

Figura 7: Temperatura (T1pc) da água na entrada do pré-chiller. gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).

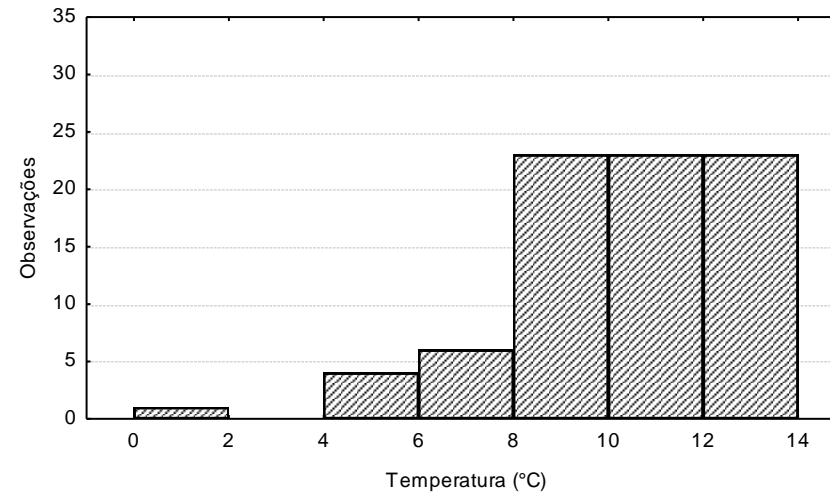




(a)

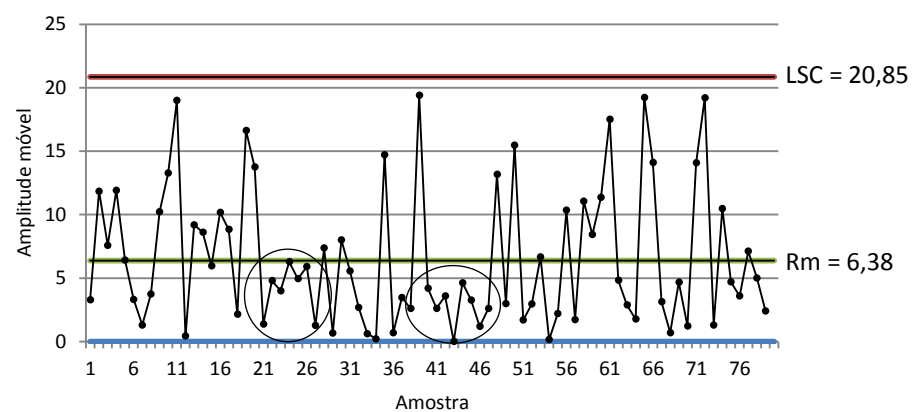


(b)

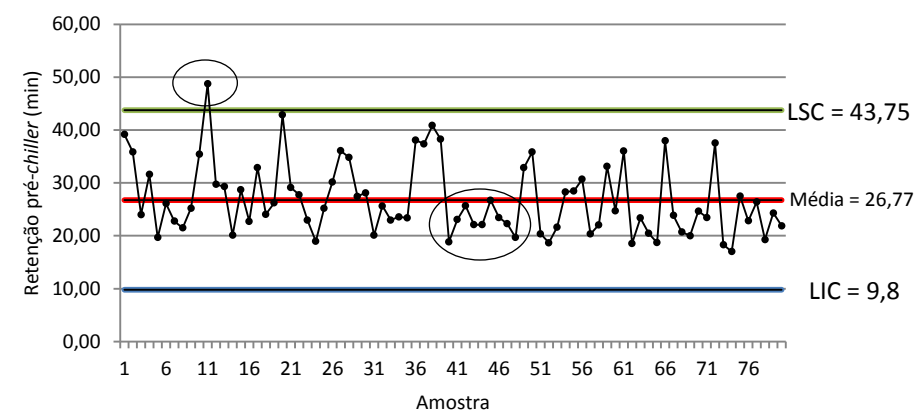


(c)

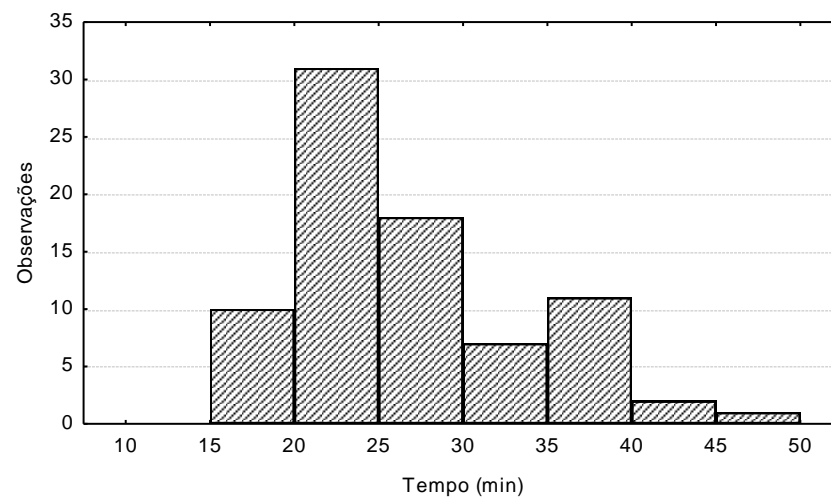
Figura 8: Temperatura (T2pc) da água na saída do pré-chiller: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)

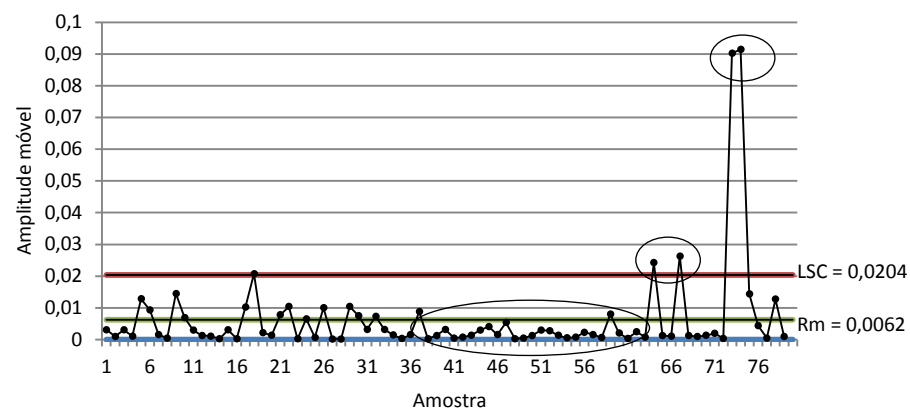


(b)

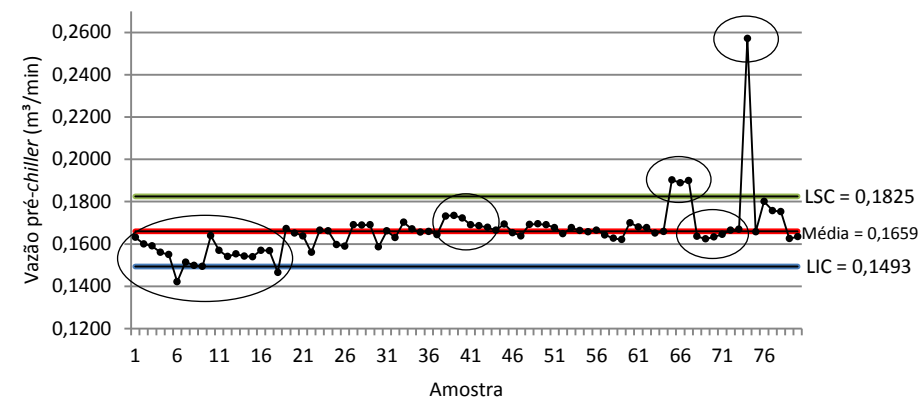


(c)

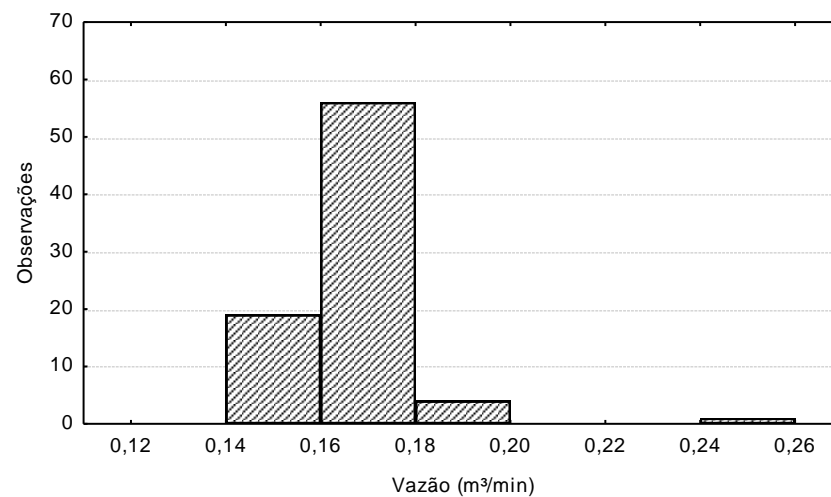
Figura 9: Tempo de retenção da carcaça no pré-chiller: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)

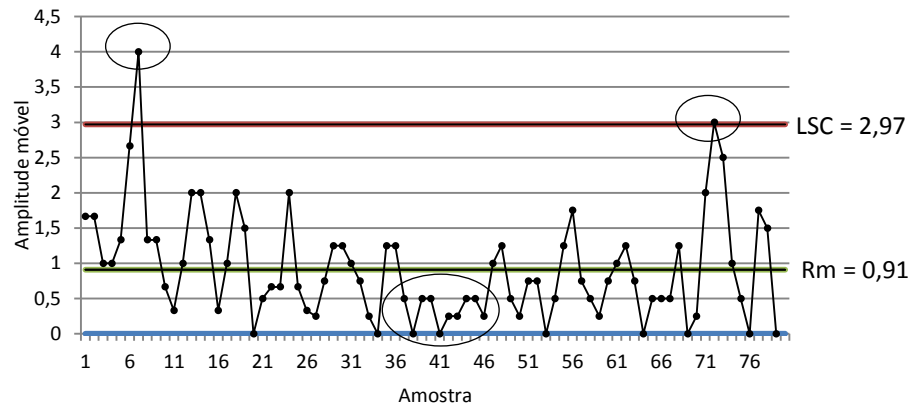


(b)

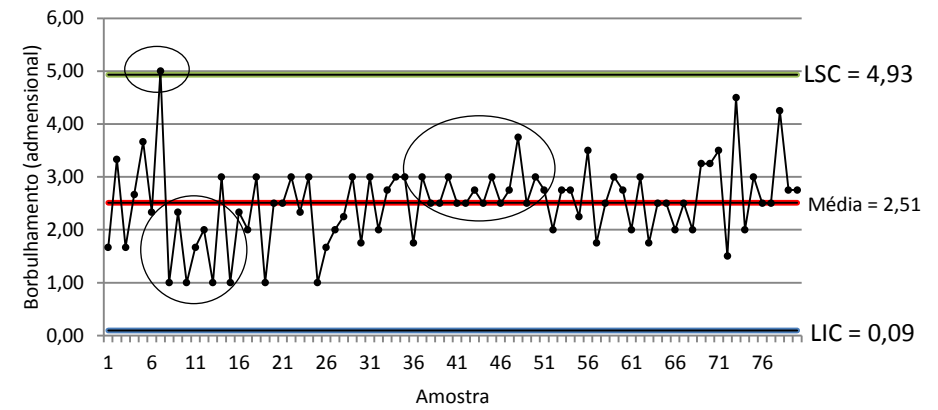


(c)

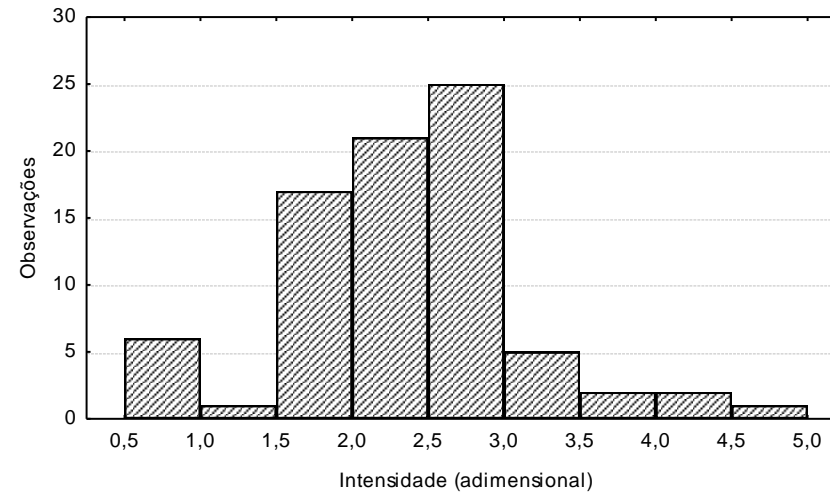
Figura 10: Vazão da água de reposição no pré-chiller: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)

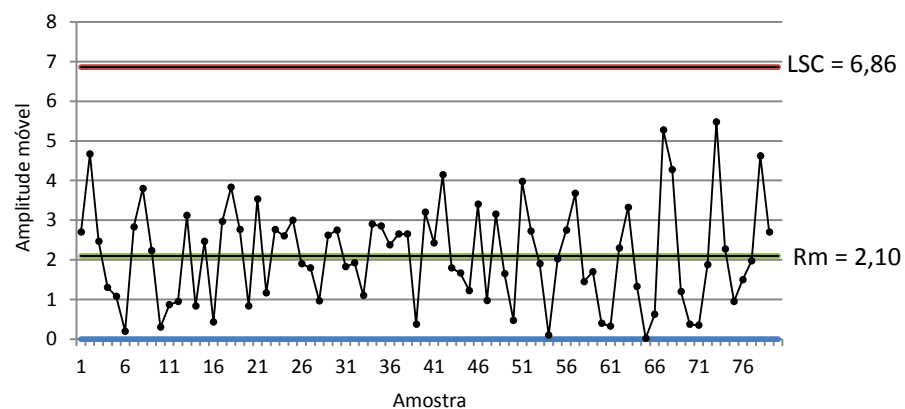


(b)

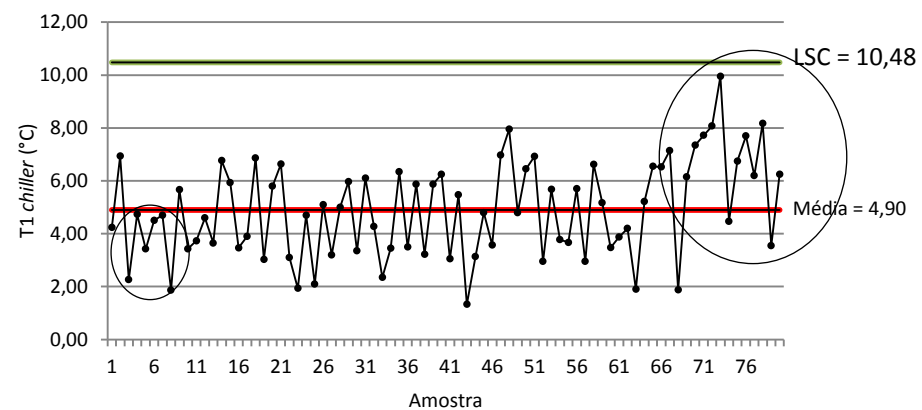


(c)

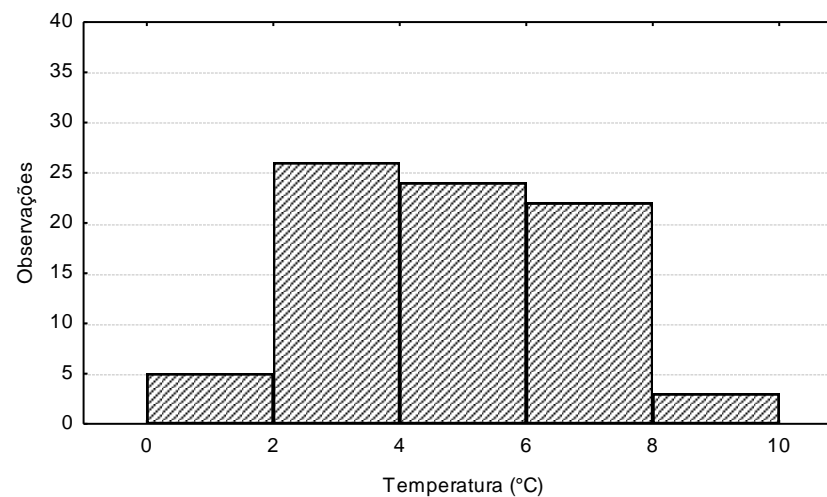
Figura 11: Intensidade do borbulhamento no pré-chiller: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)

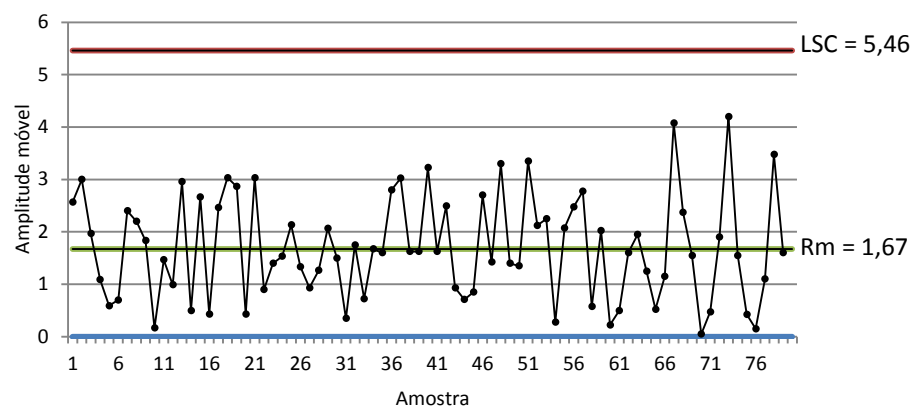


(b)

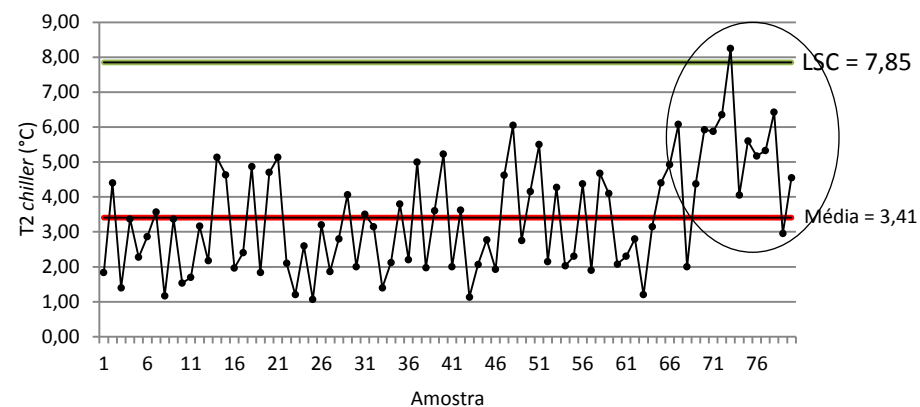


(c)

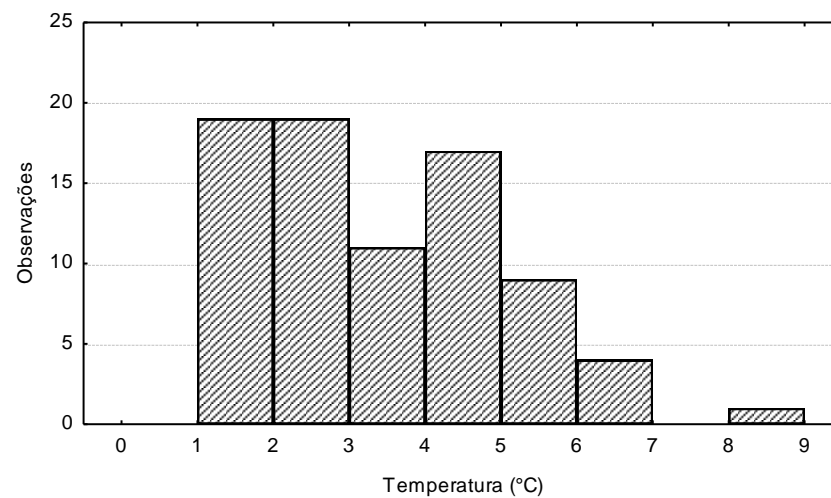
Figura 12: Temperatura (T1c) da água na entrada do *chiller*: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)

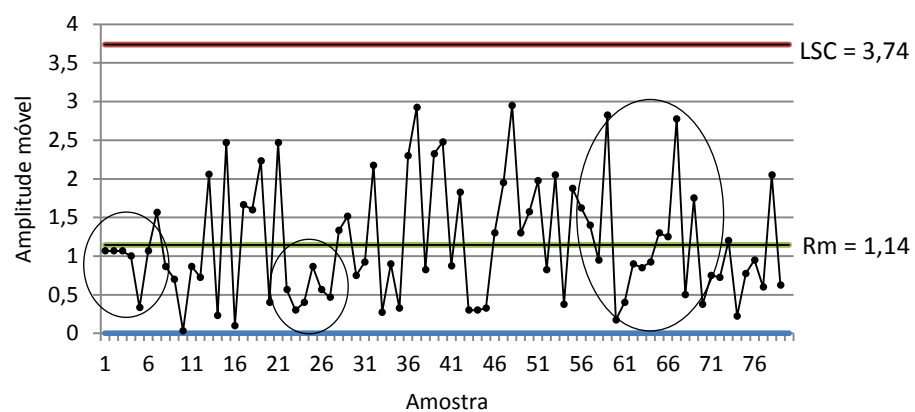


(b)

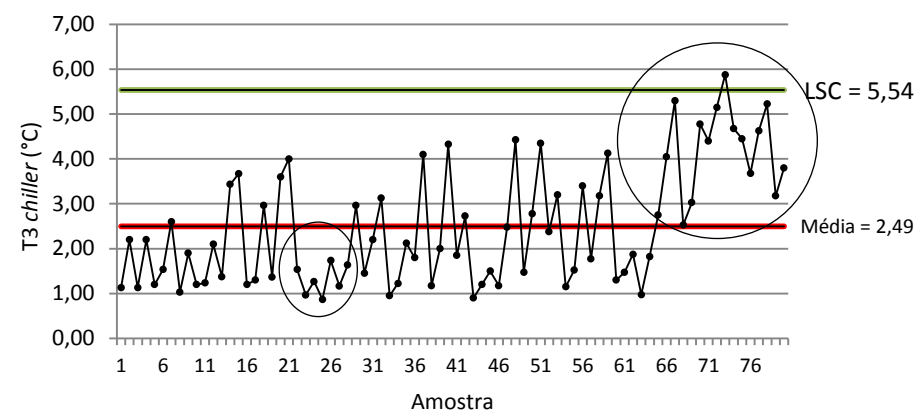


(c)

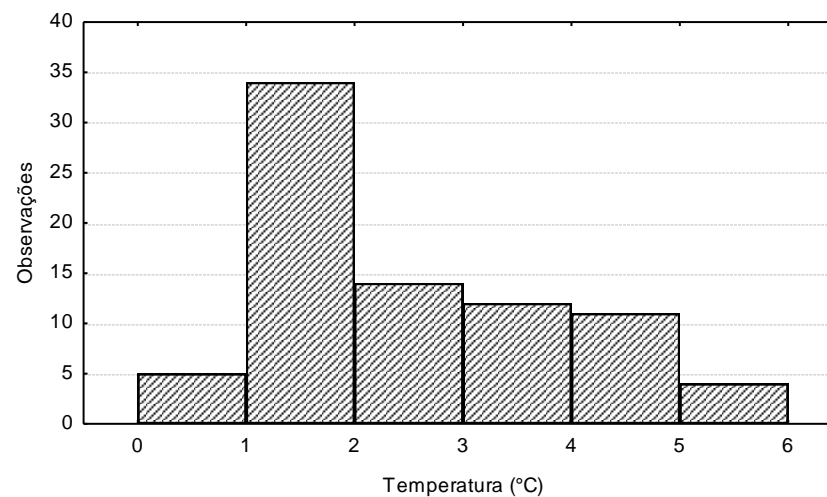
Figura 13: Temperatura (T2c) da água no interior do *chiller*: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)

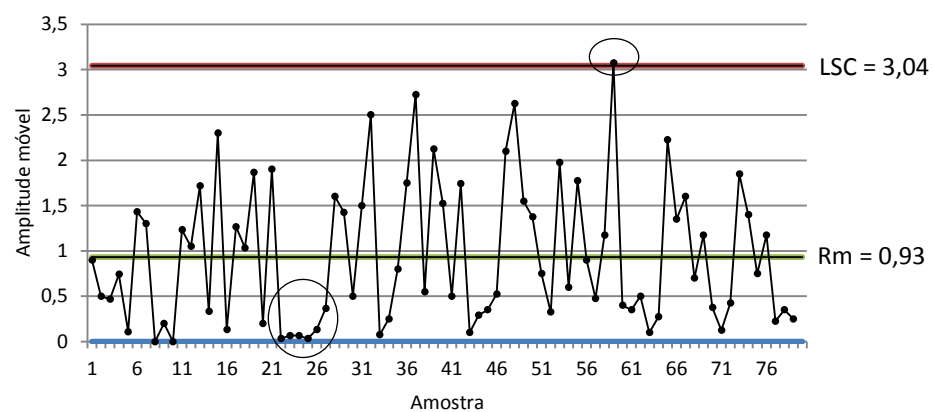


(b)

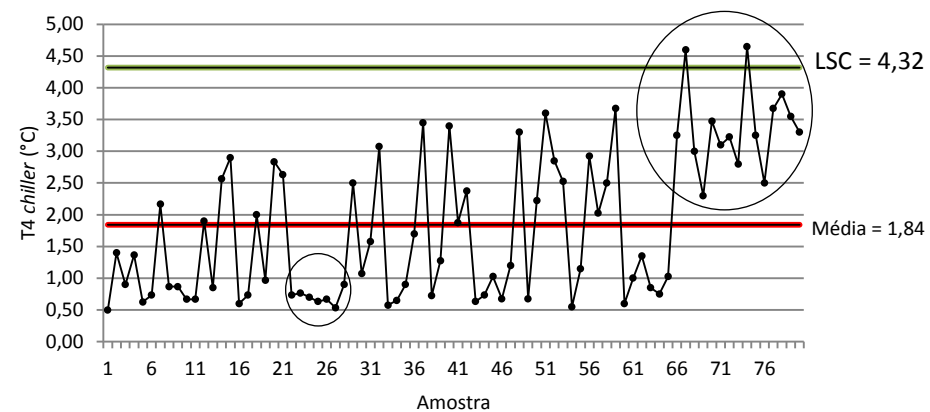


(c)

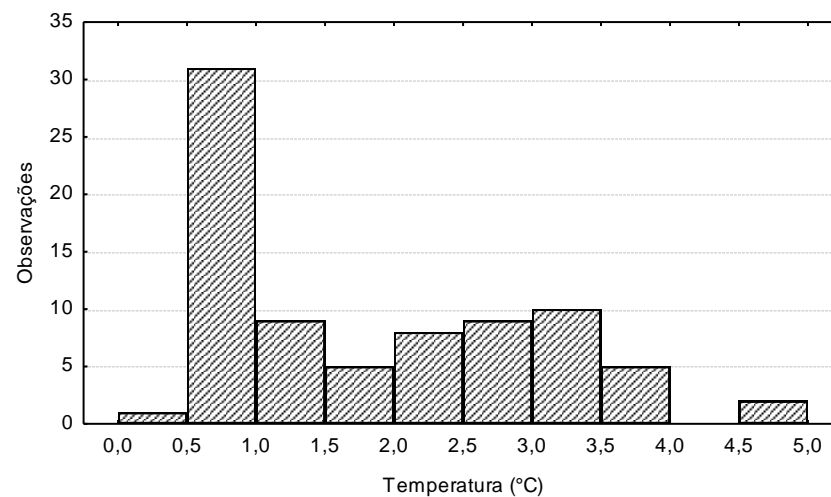
Figura 14: Temperatura ( $T3c$ ) da água no interior do *chiller*: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)



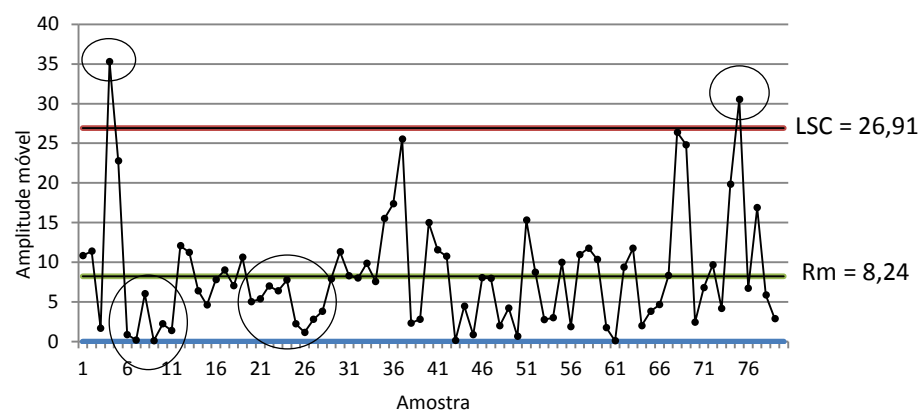
(b)



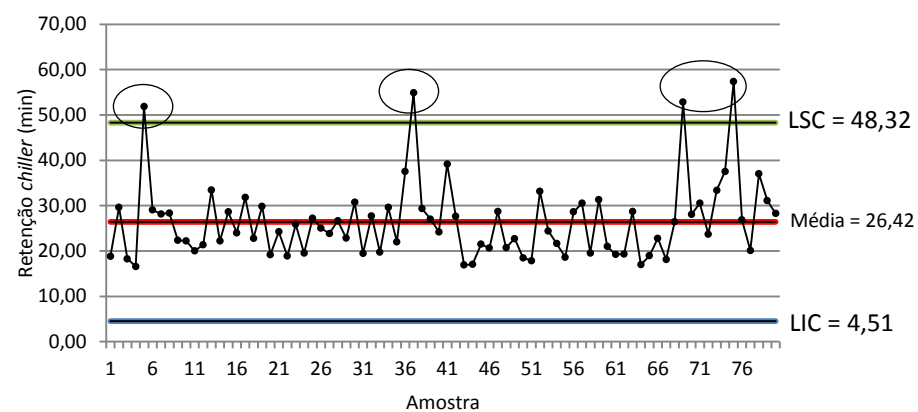
(c)

Figura 15: Temperatura (T4c) da água na saída do *chiller*: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).

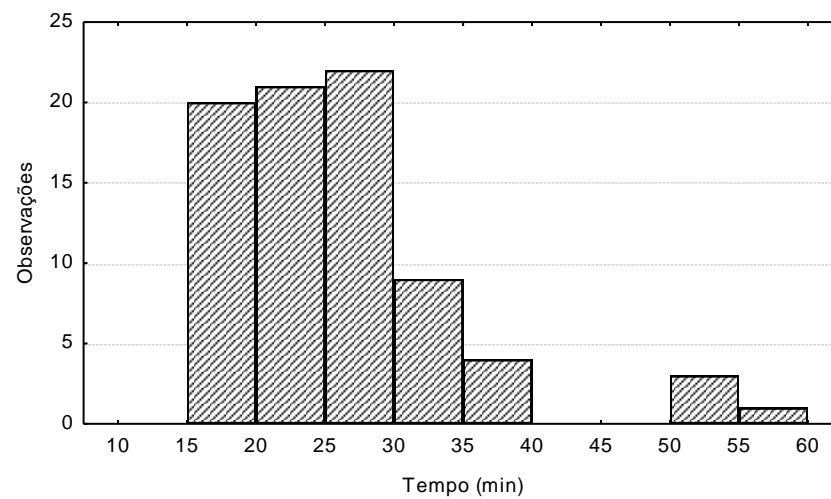




(a)

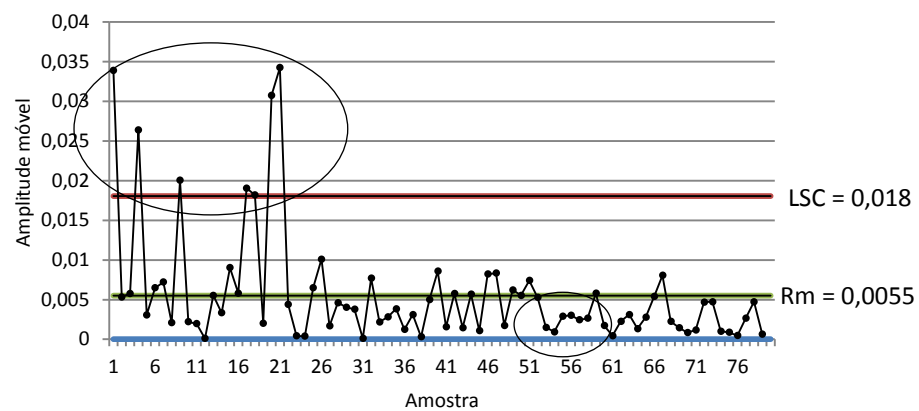


(b)

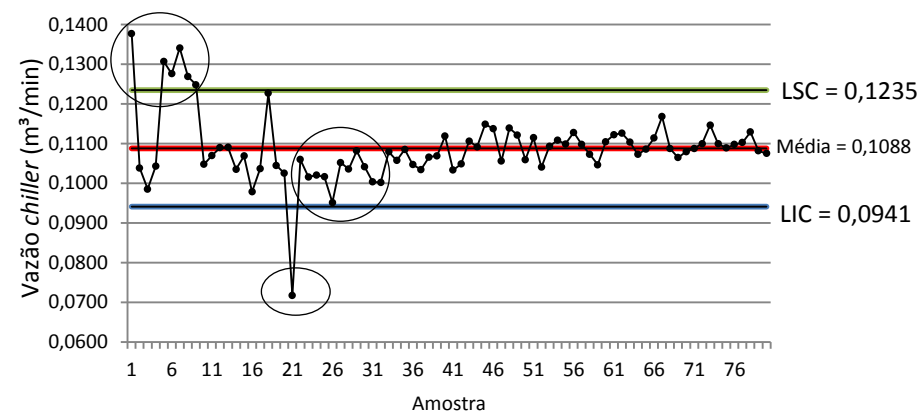


(c)

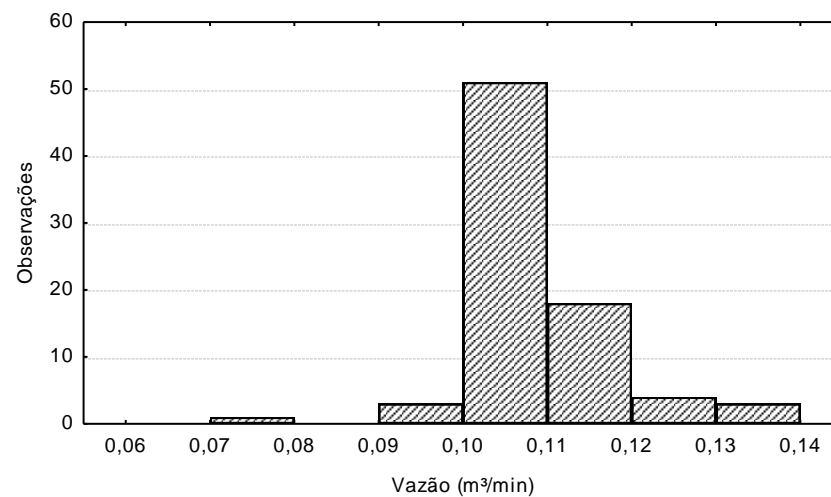
Figura 16: Tempo de retenção da carcaça no *chiller*: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)

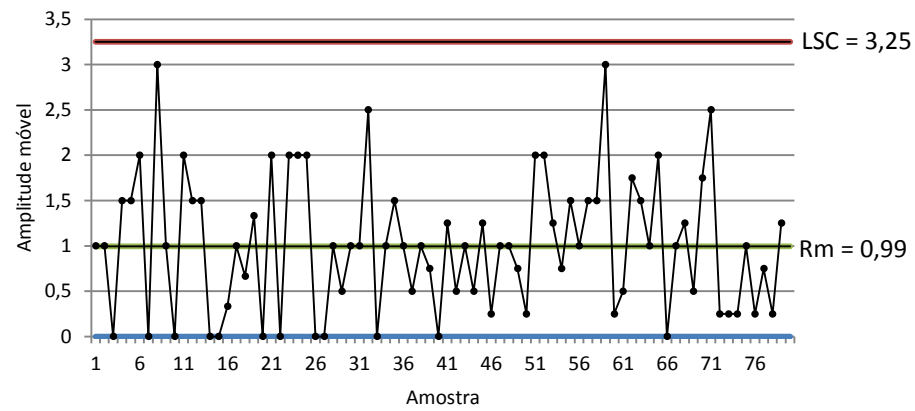


(b)

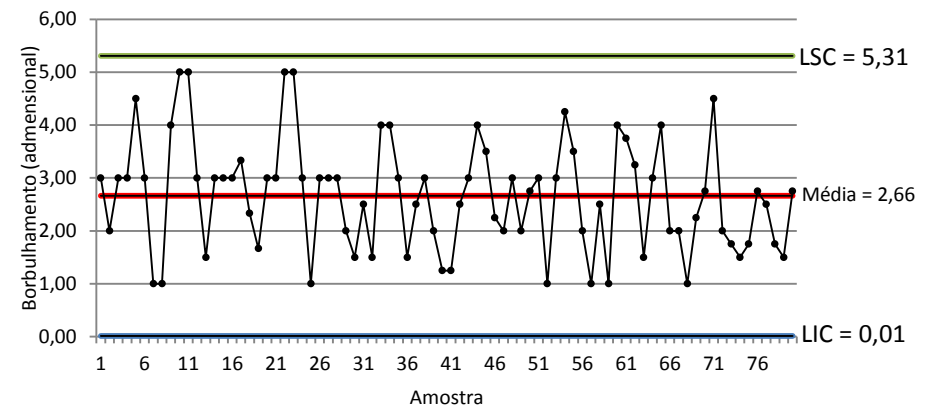


(c)

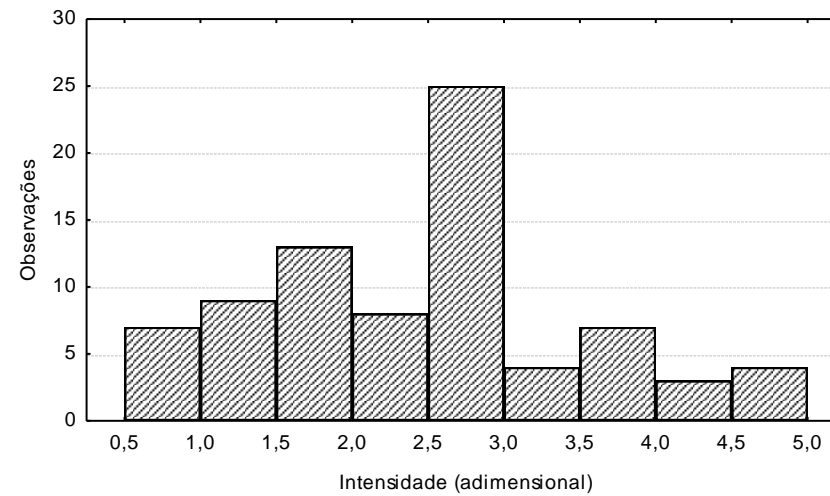
Figura 17: Vazão da água de reposição no *chiller*: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)

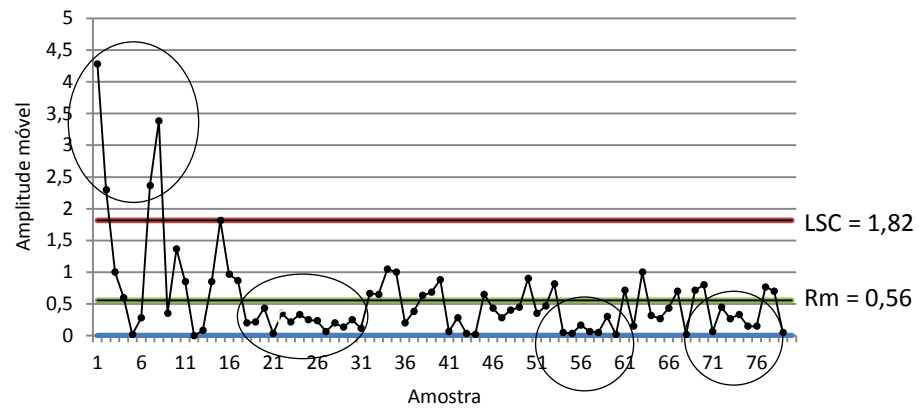


(b)

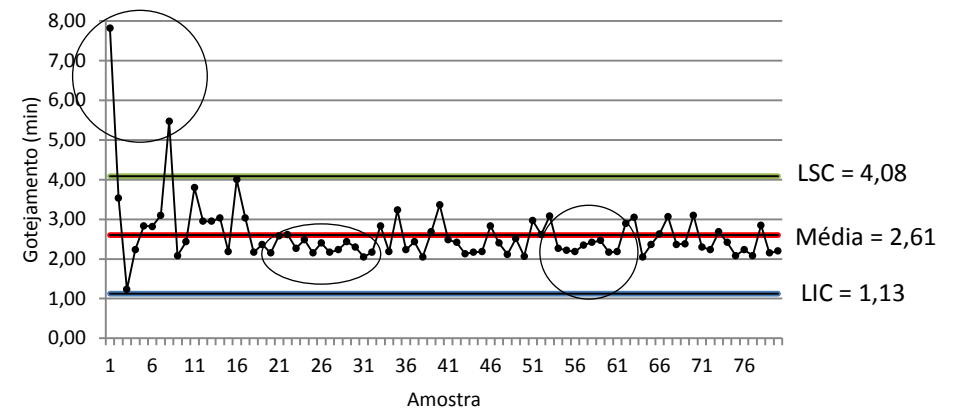


(c)

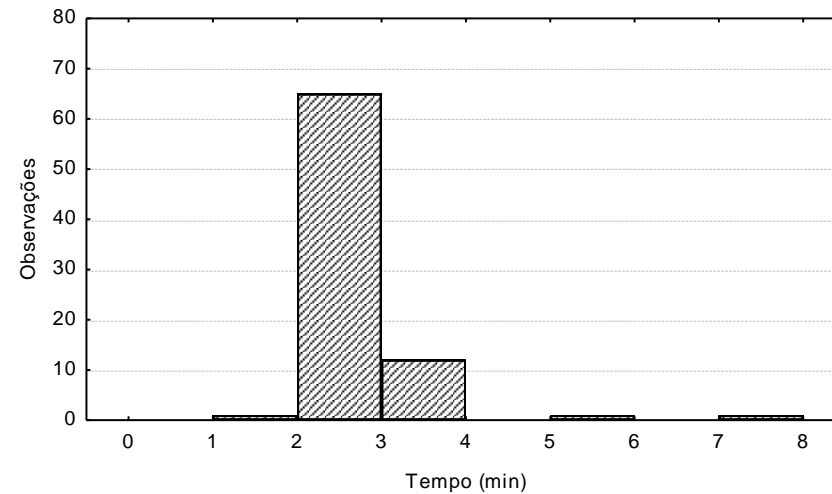
Figura 18: Intensidade do borbulhamento no *chiller*: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)

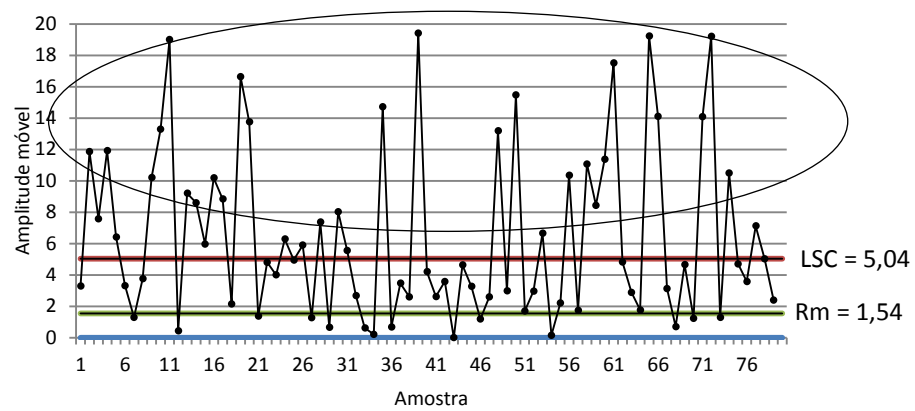


(b)

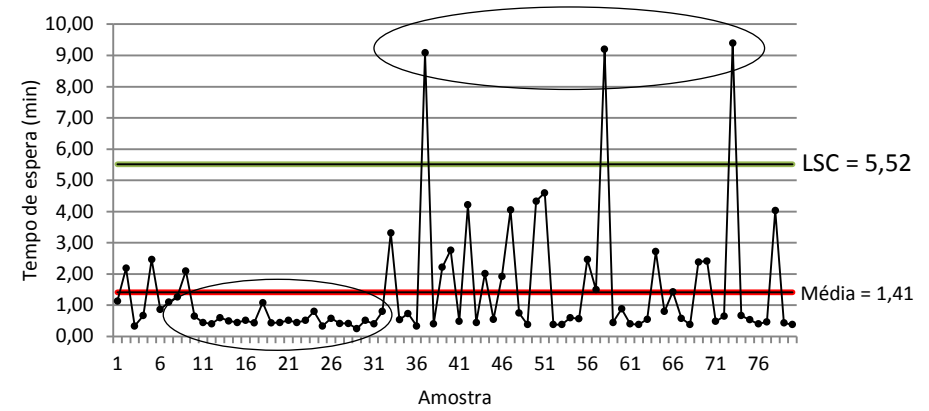


(c)

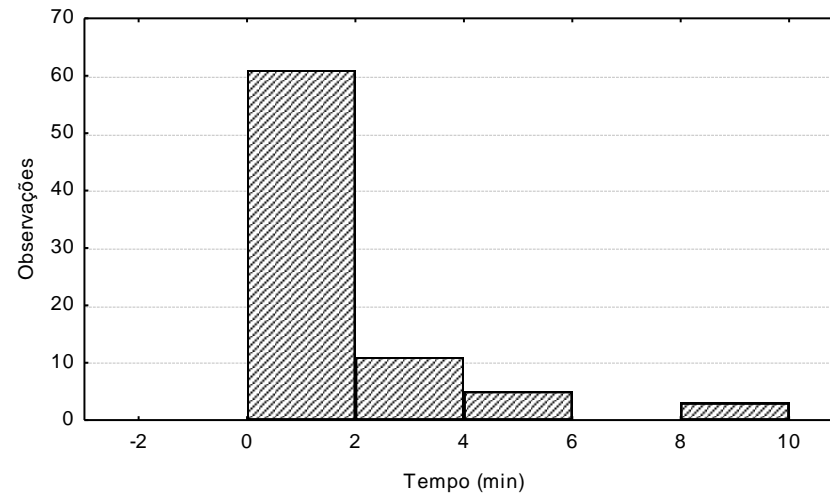
Figura 19: Tempo de gotejamento da carcaça: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).



(a)

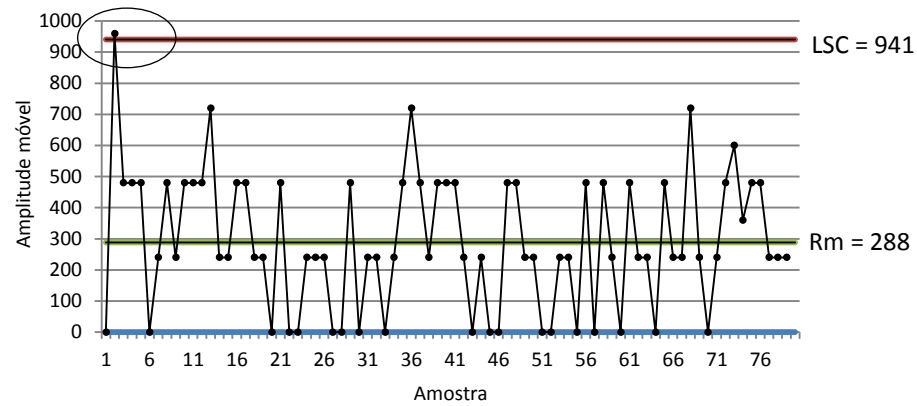


(b)

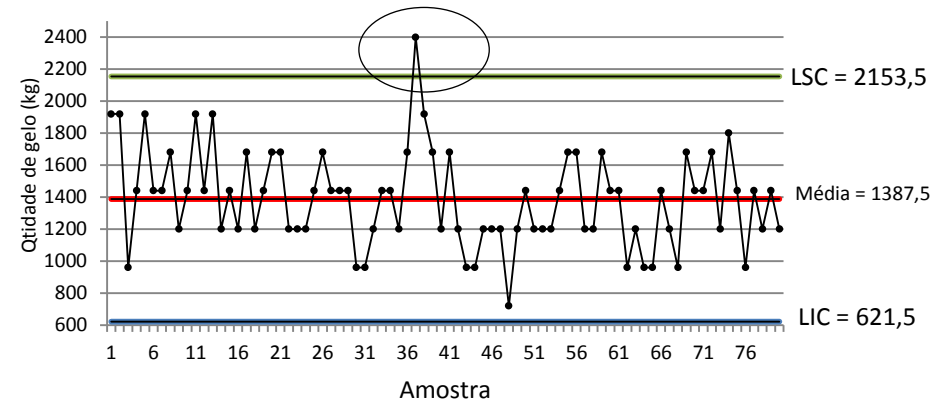


(c)

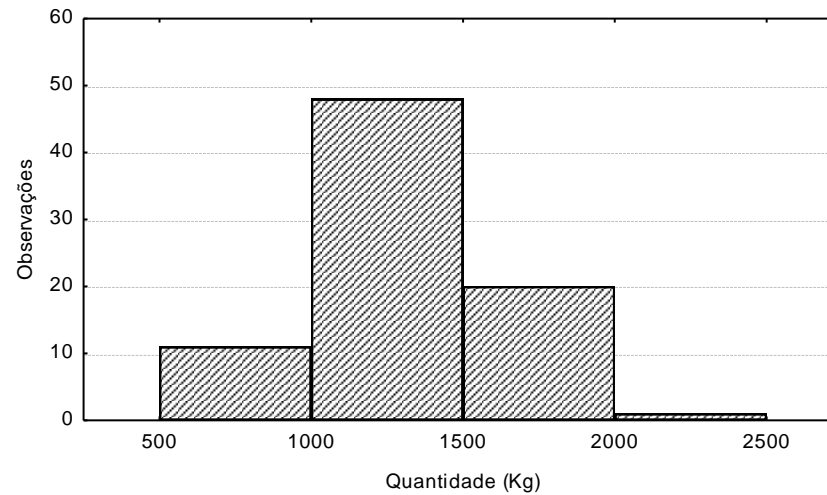
Figura 20: Tempo de espera da carcaça após o gotejamento: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da média individual (b) e; histograma (c).



(a)



(b)



(c)

Figura 21: Quantidade de gelo adicionado no chiller durante o pré-resfriamento: gráfico de controle da amplitude móvel (a); gráfico de controle da medida individual (b) e; histograma (c).

Os resultados das análises dos gráficos de controle das Figuras de 6 a 21 sobre o comportamento das variáveis durante o processo estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Análise dos gráficos de controle das variáveis de entrada.

Figura	Variável de entrada	Status	Justificativa
6	Massa inicial da carcaça	Fora de controle	- Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central; - Deslocamento no nível do processo.
7	Temperatura (T1pc) na entrada do pré-chiller	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle; - Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central.
8	Temperatura (T2pc) na saída do pré-chiller	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle; - Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central; - Comportamento cíclico.
9	Tempo de retenção da carcaça no pré-chiller	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle; - Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central.
10	Vazão de água de reposição no pré-chiller	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle; - Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central; - Comportamento tendencioso.
11	Intensidade Borbulhamento no pré-chiller	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle; - Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central.
12	Temperatura (T1c) na entrada do chiller	Fora de controle	- Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central; - Deslocamento no nível do processo.
13	Temperatura (T2c) no interior do chiller	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle; - Descolamento no nível do processo.
14	Temperatura (T3c) no interior do chiller	Fora de controle	- Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central; - Deslocamento no nível do processo; - Tendência (movimento contínuo em uma direção).
15	Temperatura (T4c) na saída do chiller	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle; - Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central; Deslocamento no nível do processo.
16	Tempo de retenção da carcaça no chiller	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle; - Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central.
17	Vazão de água de reposição no chiller	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle; - Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central.

Quadro 2: continuação.

18	Intensidade Borbulhamento no <i>chiller</i>	Sob controle	- Distribuição aleatória dos pontos.
19	Tempo de gotejamento da carcaça	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle; - Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central.
20	Tempo de espera da carcaça	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle; - Mais de seis pontos consecutivos de um só lado da linha central.
21	Quantidade de gelo adicionado no pré-resfriamento	Fora de controle	- Ponto fora dos limites de controle;

De acordo com os resultados apresentados no Quadro 2, apenas a variável “Borbulhamento no *chiller*” está operando sob controle estatístico. As demais variáveis se encontram fora de controle estatístico e, portanto, verifica-se a existência de causas especiais agindo em 15 variáveis de entrada do processo. Neste caso, as causas especiais podem estar associadas à própria conduta técnica das variáveis, o que significa erros operacionais nas próprias variáveis de entrada, no que diz respeito ao ajuste e à condução operacional. Dessa forma, apesar das variáveis de entrada serem variáveis controláveis do processo, elas não apresentaram comportamento previsível, justificando o fato do modelo de regressão não ter apresentado ajuste satisfatório como demonstrado anteriormente (ver Item 5.2).

O comportamento da variável resposta (teor de absorção de água) pode ser observado de acordo com os gráficos de controle da amplitude móvel e da medida individual, apresentados nas Figuras 22 e 23, respectivamente.

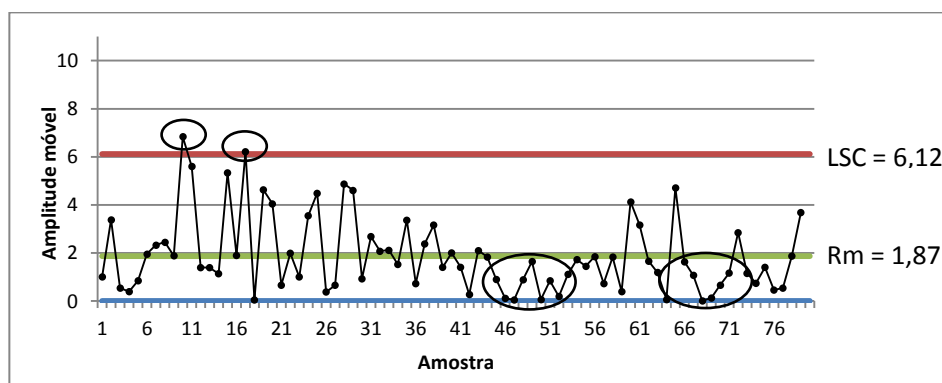


Figura 22: Gráfico de controle da amplitude móvel do teor de absorção de água das carcaças de frango.



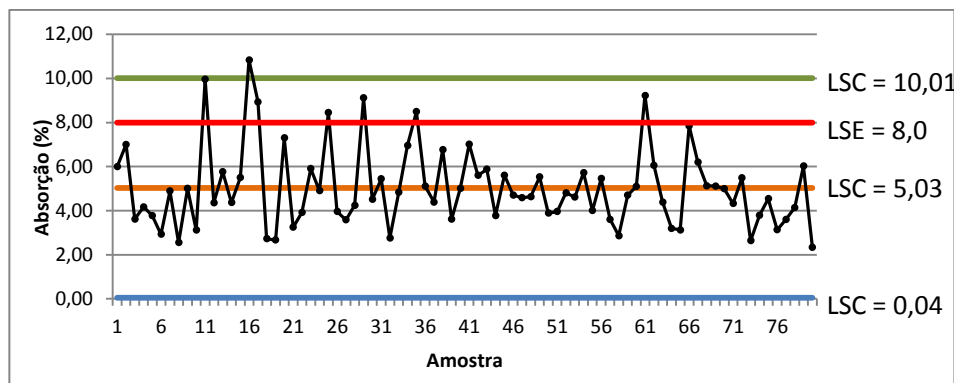


Figura 23: Gráfico de controle da medida individual do teor de absorção de água das carcaças de frango.

Observa-se que o comportamento da variável-resposta também não pode ser previsível pelo fato de estar operando fora de controle estatístico de processo, devido à presença de causas especiais (Figuras 22 e 23). Além disso, é possível observar a presença de dados acima do LSE, evidenciando que o processo além de estar operando fora de controle estatístico, também ultrapassa a especificação do processo, definida com base na legislação, conforme apresentado e discutido no item 5.1.

De acordo Woodall et al. (2004), quando o gráfico de controle exibe a presença de causa especial, procedimentos devem ser realizados para identificar e remover a causa para proporcionar menor variabilidade e melhorias no desempenho do processo. O controle permanente dos processos é condição básica para a manutenção da qualidade de bens e de serviços (COSTA, EPPRECHT e CARPINETTI, 2010).

Em um estudo desenvolvido por Mataragas et al. (2012), gráficos de controle foram empregados como uma abordagem alternativa para a análise estatística convencional em um frigorífico abatedouro de aves. A partir dos resultados de testes microbiológicos, os autores construíram gráficos de controle para verificação da eficiência do programa de higienização e do sistema de APPCC da empresa. Por meio dos gráficos de controle da média e da amplitude, os autores verificaram que o processo estava sob controle estatístico. Ao se verificar a capacidade do processo, verificaram que após a implementação de automação, o desempenho foi melhorado. Assim, de acordo com os autores, é possível obter melhorias de um processo, desde que este esteja operando sob controle estatístico de processo.

Para melhor compreensão dos dados das variáveis de entrada, a seguir é apresentada, na Tabela 1, a estatística descritiva destas variáveis.

Tabela 1: Estatística descritiva dos dados das variáveis da etapa de pré-resfriamento.

Variável	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
Temperatura na entrada do pré-chiller (°C)	15,1	2,6	5,4	19,9	14,5	17,0
Temperatura na saída do pré-chiller (°C)	10,3	2,3	1,5	13,6	12,1	21,9
Tempo de retenção no pré-chiller (min)	26,8	6,8	17,0	48,7	31,7	25,5
Borbulhamento no pré-chiller (adm)	2,5	0,8	1,0	5,0	4,0	30,5
Vazão da reposição do pré-chiller (m³/min)	0,17	0,01	0,14	0,26	0,12	7,97
Temperatura (T1c) do na entrada chiller (°C)	4,9	1,8	1,3	9,9	8,6	37,2
Temperatura (T2c) interior do chiller (°C)	3,4	1,6	1,1	8,2	7,1	46,4
Temperatura (T3c) no interior do chiller (°C)	2,5	1,3	0,9	5,9	5,0	53,4
Temperatura (T4c) na saída do chiller (°C)	1,8	1,2	0,5	4,6	4,1	63,5
Tempo de retenção no chiller (min)	26,4	8,4	16,6	57,4	40,8	31,9
Borbulhamento no chiller (adm)	2,7	1,1	1,0	5,0	4,0	39,8
Vazão da reposição do chiller (m³/min)	0,11	0,01	0,07	0,14	0,07	7,95
Tempo de Gotejamento da carcaça (min)	2,6	0,8	1,2	7,8	6,6	31,0
Quantidade de gelo (kg)	1387	302	720	2400	1680	22,0

Verificou-se que a maioria das variáveis de entrada apresentou elevado coeficiente de variação (Tabela 1), confirmando a elevada variabilidade dos dados observada nos gráficos de controle. No estudo de revisão desenvolvido por Woodall

e Montgomey (1999), os autores associam o comportamento não previsível de um processo com a existência de causas especiais responsáveis pela elevada variabilidade das variáveis do processo.

Para conseguir promover a redução da variação de um processo até que todos os componentes estejam dentro dos limites de controle é necessário melhorar o desempenho de cada fonte de variação, que podem ser operadores, máquinas, ferramentas, *setup*, material e o meio-ambiente (RUTHES, CERETTA e SONZA, 2006).

Ao se abordar sobre as causas mais importantes sobre a variabilidade do teor de absorção de água das carcaças de frango durante a etapa de pré-resfriamento, é necessário ressaltar as condições de operação da empresa. De acordo com os resultados obtidos neste trabalho e com os resultados observados na literatura, cada processo apresenta condições específicas, fazendo com que o efeito das variáveis de entrada se comporte de maneira diferente sobre a variável-resposta e, conseqüentemente, a causa ou as causas mais impactantes no teor de absorção de água podem mudar de acordo com as condições e procedimentos operacionais adotados para cada linha de produção e para cada empresa.

Apesar das ferramentas do CEP serem empregadas nos processos industriais, cabe ressaltar a dificuldade em utilizá-las nas indústrias de alimentos para obtenção do máximo de rendimentos dentro dos padrões técnicos específicos que satisfaçam às exigências de qualidade dos consumidores. Nesse segmento industrial, o emprego do CEP se depara com um desafio maior. Além da variabilidade natural apresentada pelas matérias-primas de um modo geral, os produtos alimentícios apresentam maior variabilidade devido aos aspectos físico-químicos e microbiológicos. Além disso, tem-se a preocupação de produzir alimento seguro, que não comprometa a saúde dos consumidores.

Uma maneira de usufruir melhor dos benefícios do emprego das ferramentas do CEP no controle de processos é aliá-las a outras ferramentas de qualidade como, o 5W2H e a metodologia DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar, implementar e controlar). A primeira tem como objetivo promover o apoio na identificação e correção de problemas do processo, por meio da reunião de informações necessárias para a execução de um determinado plano de ação. Já a segunda, tem

como objetivo solucionar problemas industriais por meio de um conjunto ordenado de etapas (CLETO e QUINTEIRO, 2011).

A escolha de um método de solução de problemas, como o DMAIC, e também de ferramentas como histogramas e gráficos de controle, para obter, tratar e analisar dados, transformando-os em informações, se configura como a implantação de um Projeto Seis Sigma, sendo uma forma de se obter melhorias do processo (ANDRIETTA e MIGUEL, 2007).

As etapas iniciais da metodologia DMAIC poderiam proporcionar melhores condições para a etapa final de controle, fazendo com que o emprego do CEP fosse melhor explorado. Dessa forma, seriam eliminadas as causas especiais existentes nas variáveis de entrada e, conseqüentemente, na variável-resposta.

Portanto, para se promover melhorias no processo, é necessário eliminar as causas especiais que estão agindo sobre as variáveis e, desta forma, obter um processo que opere sob controle estatístico. Com o apoio de outras ferramentas da qualidade, seria possível otimizar o processo de determinação da relação existente entre tais variáveis e, finalmente, promover a redução da variabilidade e melhoria da qualidade do processo.

## 6. CONCLUSÕES

Com a aplicação do CEP e dos procedimentos estatísticos foi possível identificar problemas de qualidade na linha de abate de frangos da empresa, tais como a elevada variabilidade da variável teor de absorção de água das carcaças, carcaças com valores para essa característica de qualidade superior ao limite de especificação, a ausência de correlação satisfatória entre as variáveis de entrada com a variável-resposta e a falta de previsibilidade das variáveis de entrada. Tais problemas podem estar associados aos erros operacionais, no que diz respeito ao ajuste das variáveis e aos procedimentos operacionais e instruções de trabalho adotadas pela empresa na execução das etapas na linha de abate, possivelmente resultante da falta de padronização no processo.

Nas condições operacionais da empresa, as variáveis que mais influenciaram o teor de absorção de água foram o tempo de retenção das carcaças no pré-chiller e o tempo de espera das carcaças após a etapa de gotejamento.

Apesar da indústria de alimentos apresentar características específicas e restrições tecnológicas inerentes das diferentes indústrias desse setor, o emprego do CEP se mostrou eficiente neste segmento pelo fato de ter possibilitado a análise do comportamento das variáveis ao longo do processo a partir de dados coletados em tempo real, diretamente na linha de produção. Possibilitou ainda, verificar a elevada variabilidade da variável-resposta e relacioná-la com os limites técnicos estipulados, mostrando que o processo pode ser melhorado e, conseqüentemente a qualidade do produto por meio da redução da variabilidade e eliminação das causas especiais.

Para promover a melhoria do processo, recomenda-se o ajuste operacional e a padronização do processo, por meio da definição de especificações técnicas, elaboração de procedimentos operacionais, treinamento de mão-de-obra e desenvolvimento e implantação de um programa mais efetivo de garantia de qualidade na linha de abate de frangos.

Dessa forma, conclui-se que seria possível obter um processo mais estável e mais uniforme, e manter ou melhorar o padrão de qualidade dos produtos na indústria de alimentos por meio da aplicação de procedimentos estatísticos e de ferramentas do controle estatístico de processo (CEP).

## 7. REFERÊNCIAS

AFONSO, F. **Projeções de produção, consumo e exportação de carne bovina no longo prazo – 2013-2023**. 2013. Disponível em: <<http://www.beefpoint.com.br/cadeia-produtiva/especiais/confira-as-projecoes-de-producao-consumo-e-exportacao-de-carne-bovina-no-longo-prazo-2013-2023-relatorio-mapa/>>. Acesso em: 20 de Janeiro de 2014.

ALENCAR, J. R. B.; SOUZA JUNIOR, M. B.; NETO, P. J. R.; LOPES, C. E. Uso de controle estatístico de processo para avaliação da estabilidade e validação da fase de compressão de formas farmacêuticas sólidas. **Acta Farmacêutica Bonaerense**, v. 24, n. 3, p. 426-435, 2005.

ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do programa seis sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo *survey* exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. **Gestão da Produção**, v. 14, n. 2, p. 203-219, 2007.

ARAÚJO, A. P. **Ferramentas de controle de qualidade na indústria frigorífica de frango**. 2010, 50p. Monografia (Medicina Veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

AUGUSTIN, J. C.; MINVIELLE, B. Design of control charts to monitor the microbiological contamination of pork meat cuts. **Food Control**, v. 19, p. 82-97, 2008.

BRASIL. **Decreto nº 30691 de 9 de março de 1952. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**. Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), Secretaria da Defesa Agropecuária (SDA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasília, 1952.

BRASIL. Portaria n. 210, de 10 de Novembro de 1998. **Regulamento técnico da inspeção tecnológica e higiênico-sanitária da carne de aves**. Divisão de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA), Secretaria de Defesa Agropecuária (SDA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasília, 1998.

BRIZIO, A. P. R.; FAGUNDES, G. A.; PRENTICE, C. Avaliação quantitativa do teor de água contido em cortes congelados de frango. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 3, n. 1, p. 69-71, 2012.

BUENO, M. P.; ARAÚJO, G. C.; BUENO, V. P.; SAUER, L.; SPROESSER, R. L. Gestão da qualidade no frigorífico de abate de frangos: sua dinâmica evolutiva ante as exigências e necessidades dos consumidores. **Revistas de estudos de administração**. v. 8, n. 15, p. 71-96, 2007a.

BUENO, M. P.; ARAÚJO, G. C.; SPROESSER, R. L.; BUENO, V. P. Gestão da qualidade na indústria exportadora de abate e frigorificação de frangos em mato grosso do sul. **XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, 2007b.

CALGARO, J. T.; BOIAGO, M. M. Carne de Frango: mesmo sendo a mais consumida no país, ainda é criticada erroneamente. **Jornal Sul Brasil – Caderno Rural**. Ed 75. 2011.

CARCIOFI, B. A. M.; LAURINDO, J. B. Water uptake by poultry carcasses during cooling by water immersion. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, p. 444-450, 2007.

CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. Leandro QUINTEIRO Gestão de projetos através do dmaic: um estudo de caso na indústria automotiva. **Revista Produção Online**, v. 11, n. 1, p. 210-239, 2011.

CORTIVO, Z. D. **Aplicação do controle estatístico de processo em sequências curtas de produção e análise estatística de processo através do planejamento econômico**. 2005, 151p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-graduação em Métodos Numéricos em Engenharia, Universidade Federal do Paraná. 2005.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 2 ed. São Paulo: Editora Atlas S. A. 2010.

DIEHL, C. A.; SOUZA, M. A.; DOMINGOS, L. E. C. O uso da estatística descritiva na pesquisa em custos: análise do XIV congresso brasileiro de custos. **Contexto**, Porto Alegre, v. 7, n. 12, p. 1-24, 2007.

DORR, A. C.; MARQUES, P. V. Respostas às exigências do consumidor europeu. **Avicultura Industrial**, v. 95, n. 3, p. 50-52, 2004.

EBERT, D. C.; SILVA, L. C.; VILAS BOAS, M. A. Simulação da dinâmica operacional de um processo industrial de abate de aves. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 2: p. 305-309, 2009.

ESTEVES, E.; SOUSA, C. **Análise de dados e planejamento experimental**. Apontamentos para as aulas da disciplina do curso de Engenharia Alimentar. Área departamental de Engenharia Alimentar – Escola superior de tecnologia: Universidade do Algarve. 2012.

FONSECA, P. C. **Modelo para controle estatístico de processos de desenvolvimento de software (CEP-S)**. 2010, 170p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais. 2010.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Tecnologia de Abate e Tipificação de Carcaças**. Viçosa: Editora UFRV. 2006.

HAIR Jr, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise Multivariada de Dados**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ITTZÉS, A. Statistical process control with several variance components in the dairy industry. **Food Control**, v. 12, p. 119-125, 2001.

JAMES, C.; VINCENT, C.; LIMA, T. I. A.; JAMES S. J. The primary chilling of poultry carcasses - a review. **International Journal of Refrigeration**, v. 29, p. 847-862, 2006.

JESUS Jr, C.; PAULA, S. R. L.; ORMOND, J. G. P.; BRAGA, N. M. A cadeia da carne de frango: tensões, desafios e oportunidades. **BNDES Setorial**. n. 26, p. 191-232, 2007.

KLASSEN, T. **Uso de redes neurais artificiais para modelagem da temperatura e da retenção de água no processo de resfriamento de carcaças de frango por imersão**. 2008, 69p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Química, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2008.

KLASSEN, T.; MARTINS, T. D.; CARDOZO FILHO, L.; SILVA, E. A. Modelagem do sistema de resfriamento por imersão de carcaças de frango utilizando redes neurais artificiais. **Acta Scientiarum Technology**, v. 31, n. 2, p. 201-205, 2009.

KURCREVSKI, C. **Estudo do controle estatístico de processo das indústrias cerâmicas da região centro sul do estado do Paraná, com base nos índices de capacidade**. 2003, 458p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia – Área de concentração: Programação Matemática. Universidade Federal do Paraná. 2003.

LAURINDO, J. B.; CARCIOFI, B. A. M.; SILVA, R. R.; DANNENHAUER, C. E.; HENSE, H. Evaluation of the effects of water agitation by air injection and water recirculation on the heat transfer coefficients in immersion cooling. **Journal of Food Engineering**, v. 96, p. 59-65, 2010.

LI, X. **A simulation evaluation of backward elimination and stepwise variable selection in regression analysis**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Departamento de Estatística – Faculdade de Artes e Ciências – Universidade do Estado do Kansas, Manhattan. 2012.

LIMA, A. A. N.; LIMA, J. R.; SILVA, J. L.; ALENCAR, J. R. B.; SOARES-SOBRINHO, J. L.; LIMA, L. G.; ROLIM-NETO, P. J. Aplicação do controle estatístico de processo na indústria farmacêutica. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 27, n.3, p.177-187, 2006.

LUNET, N.; SEVERO, M.; BARROS, H. Desvio Padrão ou Erro Padrão, **Arquivos de medicina**, v. 20, n. ½, p. 55-59, 2006.



MAIA, A. P. A.; DINIZ, L. L. Segurança alimentar e sistemas de gestão de qualidade na cadeia produtiva de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, n. 4, p. 991-1000, 2009.

MARTINS, T. D.; KLASSEN, T.; CANEVESI, R. L. S.; BARELLA, R. A.; CARDOZO FILHO, L.; SILVA, E. A. Modeling the water uptake by chicken carcasses during cooling by immersion. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 31, n. 3, p. 571-576, 2011.

MASTROGIACOMO, V. Pré-resfriamento. In: **O Mundo do Frango – Cadeira produtiva da carne de frango**. Eds.: OLIVO, R. Criciúma: Rubison Olivo, 2006.

MATARAGAS, M.; DROSINOS, E. H. TSOLA, E.; ZOIOPOULOS, P. E. Integrating statistical process control to monitor and improve carcasses quality in a poultry slaughterhouse implementing a HACCP system. **Food Control**, v. 28, p. 205-211, 2012.

MERTENS, K.; VAESEN, I.; LOFFEL, J.; OSTYN, B.; KEMPS, B.; KAMERS, B.; BAMELIS, F.; ZOONS, J.; DARIUS, P.; DECUYPERE, E.; BAERDEMAEKER, J.; KETELAERE, B. Data-based design of an intelligent control chart for the daily monitoring of the average egg weight. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 6, p 222–232. 2008.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 4º ed. Rio de Janeiro: LTC. 2012.

OLIVEIRA, C. C.; OLIVEIRA, A. S. F.; FLORA, L.; MORO, A. R. P. Utilização Do Controle Estatístico do Processo (CEP) para o monitoramento do teor de umidade dos grãos de soja armazenada no Silo Agro Verde. **Congresso Internacional de Administração, Gestão Estratégica – Empreendedorismo e Sustentabilidade**. 2012.

OWENS, C. M.; ALVARADO, C. Z.; SAMS, A. R. **Poultry meat processing**. 2 ed.

PAESE, C; CATEN, C. T.; RIBEIRO, J. L. D. Aplicação da Análise de Variância na Implantação do CEP. **Revista Produção**, v. 11, n. 1, p. 17-26, nov. 2001.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C. H. **Estatística Aplicada a Experimentos Agrônômicos e Florestais**. Piracicaba: FEALW, 2002.

RAMOS, A. W. **Controle Estatístico de Processo**. 2000.

RECHE, R. A.; RUI, C.; CAMARGO, M. E. Absorção de água em carcaças de frango: um estudo sobre os fatores determinantes e a capacidade do processo. Anais do **XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. 2011.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 2º ed. Campinas: Cárita Editora. 2009.

RUI, B. R.; ANGRIMANI, D. S. R.; SILVA, M. A. A. Pontos críticos no manejo pré-abate de frango de corte: jejum, captura, carregamento, transporte e tempo de espera no abatedouro. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p. 1290-1296, 2011.

RUTHES, S.; CERETTA, P. S.; SONZA, I, B. Seis sigma: melhoria da qualidade através da redução da variabilidade. **Revista Gestão Industrial**, v. 02, n. 02: p. 173-190, 2006.

SANT'ANNA, V. **Análise dos fatores que afetam a temperatura e absorção de água das carcaças de frango em chiller industrial**. 2008, 54p. Monografia (Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008.

SANTOS, A. B.; ANTONELLI, S. C. Aplicação da abordagem estatística no contexto da gestão da qualidade: um *survey* com indústrias de alimentos de São Paulo. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 18, n. 3, p. 509-524, 2011.

SRIKAEAO, K.; FURST, J. E.; ASHTON, J. Characterization of wheat-based biscuit cooking process by statistical process control techniques. **Food Control**, v. 16, p. 309-317, 2005.

SRIKAEAO, K.; HOURIGAN, J. A. The use of statistical process control (SPC) to enhance the validation of critical control points (CCPs) in shell egg washing. **Food Control**, v.13, p. 263-273, 2002.

TOLEDO, J. C.; BATALHA, M. O.; AMARAL, D. C. Qualidade na indústria agroalimentar: situação atual e perspectivas. **Revista de Administração de Empresas**, v. 40, n. 2, p. 90-101, 2000.

UBABEF, **União Brasileira de Avicultura e Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos**. Relatório anual 2013. Disponível em: <<http://www.ubabef.com.br/files/publicacoes/732e67e684103de4a2117dda9ddd280a.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2013.

VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WOODALL, W. H.; MONTGOMERY, D. C. Research issues and ideas on statistical process control. **Journal of Quality Technology**, v. 31, n. 4, p. 376-386, 1999.

WOODALL, W. H.; SPITZNER, D. J.; MONTGOMERY, D. C.; GUPTA, S. Using control charts to monitor process and product quality profiles. **Journal of Quality Technology**, v. 36, n. 3, p. 309-320, 2004.